**Área que clasifica**. -Dirección General de Impacto y Riesgo Ambiental

**Identificación del documento**. -Versión pública del presente estudio en materia de impacto ambiental.

**Partes clasificadas**.- Nombre, correo electrónico, teléfono(s), domicilio, RFC, CURP, fotografías, firmas concernientes a las personas físicas identificadas e identificables, diversas al promovente o su representante legal.

**Fundamento Legal**. - La clasificación de la información confidencial se realiza con fundamento en el artículo 115 segundo párrafo de la Ley General de Transparencia y Acceso a la Información Pública.

**Razones**. - Por tratarse de datos personales concernientes a una persona física identificada o identificable.

**Firma del titular.- Julio César García Vergara**

**Fecha y número del acta de la sesión del Comité donde se aprobó la versión pública**.– Resolución **ACTA_15_2026_SIPOT_2T_2026_ART 67_FVI,** en la sesión celebrada el 17 de Julio del 2026.

MEDIO AMBIENTE

SECRETARÍA DE MEDIO AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES

EL CONTENIDO DE ESTE ARCHIVO NO PODRÁ SER ALTERADO O MODIFICADO TOTAL O PARCIALMENTE, TODA VEZ QUE PUEDE CONSTITUIR EL DELITO DE FALSIFICACIÓN DE DOCUMENTOS DE CONFORMIDAD CON EL ARTÍCULO 244, FRACCIÓN III DEL CÓDIGO PENAL FEDERAL, QUE PUEDE DAR LUGAR A UNA SANCIÓN DE **PENA PRIVATIVA DE LA LIBERTAD** DE SEIS MESES A CINCO AÑOS Y DE CIENTO OCHENTA A TRESCIENTOS SESENTA DÍAS MULTA.

**DIRECION GENERAL DE**
IMPACTO Y RIESGO
**AMBIENTAL**

MIA

Manifestación de Impacto Ambiental Modalidad Regional

AUTLAN®

# Capítulo I.

## Datos generales del proyecto, del promovente y del responsable del estudio de impacto ambiental

SANAT

Soluciones en Gestión Ambiental



Distrito Minero AUTLÁN

# ÍNDICE GENERAL

I. Datos generales del proyecto, del promovente y del responsable del estudio de impacto ambiental .....1
I.1. Nombre del proyecto .....1
I.2. Naturaleza del proyecto .....1
I.3. Superficies del proyecto .....9
I.4. Ubicación del proyecto .....10
I.4.1. Duración de proyecto .....16
I.5. Datos generales del promovente .....18
I.5.1. Nombre o razón social .....18
I.5.2. Registro Federal de Contribuyentes del Regulado .....18
I.5.3. Nombre y cargo del representante legal: .....18
I.5.4. Dirección del promovente o de su representante legal para recibir u oír notificaciones: .....18
I.6. Nombre del responsable técnico del estudio .....19
I.6.1. Nombre o razón social .....19
I.6.2. Registro Federal de Contribuyentes (RFC) o Clave Única de Registro de Población (CURP) .....19
I.6.3. Nombre del responsable técnico del estudio .....19
I.6.4. Dirección del responsable técnico del estudio .....20
I.6.5. Escrito bajo protesta de decir verdad .....20
I.7. Acuerdos voluntarios y compromisos ambientales - sociales .....21

# ÍNDICE DE TABLAS

Tabla I. 4. Localidades dentro del SAR próximas a las tres Unidades Mineras y a las Áreas de Interés de Exploración que conforman el Distrito Minero Autlán ..... 15

# ÍNDICE DE FIGURAS

Figura I. 1. Análisis de áreas de acuerdo con su naturaleza ..... 8
Figura I. 2. Ubicación del Distrito Minero Autlán con respecto a los municipios de incidencia ..... 12
Figura I. 3. Ubicación del Distrito Minero Autlán con respecto al estado de Hidalgo ..... 14

# MARCO LEGAL

Este capítulo se sustenta en los lineamientos establecidos en los artículos 28 y 30 de la LGEEPA, estableciendo el último que, para obtener la autorización a que se refiere el artículo 28 de la Ley, los interesados deberán presentar a la Secretaría una manifestación de impacto ambiental, la cual deberá contener, por lo menos, una descripción de los posibles efectos en el o los ecosistemas que pudieran ser afectados por la obra o actividad de que se trate, considerando el conjunto de los elementos que conforman dichos ecosistemas, así como de las medidas preventivas, de mitigación y las demás necesarias para evitar y reducir al mínimo los efectos negativos sobre el ambiente.

Asimismo, el REIA establece en su artículo 9 que los promoventes deberán presentar ante la Secretaría la manifestación de impacto ambiental en la modalidad que corresponda; el artículo 10, a su vez, señala las dos modalidades en la que se puede presentar la manifestación de impacto ambiental, Regional o Particular. Finalmente, el artículo 13 del Reglamento en cita, dispone que la manifestación de impacto ambiental, en su modalidad regional, deberá contener, entre otros, los datos generales del proyecto, del promovente y del responsable del estudio de impacto ambiental.

Por otra parte, de acuerdo con el REIA en su artículo 5 inciso L) establece los supuestos que aplican para las actividades de exploración, explotación y beneficio de minerales y sustancias reservadas a la federación y que para este caso le aplican las fracciones I y II que a la letra dicen:

**I.** Obras para la explotación de minerales y sustancias reservadas a la federación, así como su infraestructura de apoyo;

**II.** Obras de exploración…

Así mismo, le aplica el Inciso 0) Cambio de uso de suelo de áreas forestales, así como en selvas y zonas áridas, fracción II que dice: Cambio de uso del suelo de áreas forestales a cualquier otro uso

# I. Datos generales del proyecto, del promovente y del responsable del estudio de impacto ambiental

## I.1. Nombre del proyecto

**Distrito Minero Autlán**

## I.2. Naturaleza del proyecto

El proyecto "**Distrito Minero Autlán**" presentado por la **Compañía Minera Autlán, S.A.B. de C.V.** a través de esta Manifestación de Impacto Ambiental, en su modalidad Regional (MIA-R), corresponde al sector primario extractivo, particularmente a la exploración, explotación y beneficio de minerales reservados a la Federación, específicamente manganeso. El proyecto y, consecuentemente, la MIA-R tienen un carácter integrador ya que, para tener una visión holística del desempeño ambiental de la empresa en la región, incluye todos y cada uno de los elementos que constituyen cada una de las unidades mineras (Molango, Naopa y Nonoalco) que conforman el distrito minero, considerando además de los elementos que no requirieron autorización, los autorizados, los proyectados y los que están fuera de operación, pero que aún requieren incorporarse al cierre progresivo, así como áreas de interés de exploración y de evaluación geológica.

Esta naturaleza integradora refleja el interés de **Compañía Minera Autlán, S.A.B. de C.V.** en cuanto a incluir dentro de una evaluación y eventualmente una autorización Federal, muchas obras que por ser previas a la entrada en vigor de la LGEEPA no requirieron contar con la autorización en materia de impacto ambiental, de manera que ahora quedarán sujetas a un Programa de Vigilancia Ambiental, a las medidas de mitigación y compensación que les sean aplicables y al cierre progresivo.

De esta manera, la MIA-R integra obras y actividades:

- **A.** Que no requirieron autorización por comenzar operaciones antes de la promulgación de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LGEEPA)
- **B.** Que cuentan con autorización de manera independiente y que han tenido modificaciones durante el paso de los años, pero es necesario integrarlos como unidad minera.
- **C.** Que se adicionan con el presente proyecto por necesidad de expansión;
- **D.** Áreas de interés de exploración y de evaluación geológica

En la Tabla I.1 se indican las obras que integran el proyecto: superficie, tipo de obras y la etapa en que se encuentra

*Tabla I. 1. Concentrado de áreas y obras del Proyecto Distrito Minero Autlán por unidad minera*

| ID | | Nombre del área | Tipo | Etapa | Superficie (ha) |
|---|---|---|---|---|---|
| **Molango** | | | | | |
| 1 | 1.1 | Tajo San Fernando | Previa - 0bra Minera | O-C | 17.5002 |
| 1 | 1.2 | Tajo Los Naranjos | Previa - Obra Minera | O-C | 0.5313 |
| 1 | 1.3 | Tajo Comextetitla | Previa - Obra Minera | O-C | 14.081 |
| 1 | 1.4 | Tiradero - Vaciadero 4 (Tepetatera 4) | Previa - Obra Minera | O-C | 0.7195 |
| 1 | 1.5 | Tiradero - Vaciadero 3 (Tepetatera 3) | Previa - Obra Minera | O-C | 7.8464 |
| 1 | 1.6 | Tiradero - Vaciadero 1 (Tepetatera 1) | Previa - Obra Minera | O-C | 19.9 |
| 1 | 1.7 | Tiradero - Vaciadero 5 (Tepetatera 5) | Previa - Obra Minera | O-C | 1.1115 |
| 1 | 1.8 | Área de extracción y Deposito (Tajo Tetzintla y Tajo La Cueva) | Previa - Obra Minera | O-C | 14.8992 |
| 1 | 1.9 | Antigua planta P.M.P. (almacén temporal de residuos peligrosos) | Previa - Obra Minera | O-C | 7.2913 |
| 1 | 1.10 | Acceso a mina 1 | Previa - Obra Minera | O-C | 0.057 |
| 1 | 1.11 | Acceso a mina 2 | Previa - Obra Minera | O-C | 0.1288 |
| 1 | 1.12 | Acceso a mina 3 | Previa - Obra Minera | O-C | 0.1288 |
| 1 | 1.13 | Acceso a mina 4 | Previa - Obra Minera | O-C | 0.031 |
| 1 | 1.14 | COT-Chiconcuac 1 | Previa - Obra Minera | O-C | 5.1491 |
| 1 | 1.15 | COT-Chiconcuac 2 | Previa - Obra Minera | O-C | 1.32 |
| 1 | 1.16 | Robbin 30 | Previa - Obra Minera | O-C | 0.16 |
| 1 | 1.17 | Robbin 106 | Previa - Obra Minera | O-C | 0.04 |
| 1 | 1.18 | Robbin 107 | Previa - Obra Minera | O-C | 0.04 |
| 1 | 1.19 | Robbin 126 | Previa - Obra Minera | O-C | 0.04 |
| 1 | 1.20 | Robbin 18 | Previa - Obra Minera | O-C | 0.0508 |
| 1 | 1.21 | Robbin 11 | Previa - Obra Minera | O-C | 0.2405 |
| 1 | 1.22 | Robbin 104 | Previa - Obra Minera | O-C | 0.04 |
| 1 | 1.23 | Robbin 8 | Previa - Obra Minera | O-C | 0.04 |
| 1 | 1.24 | Robbin 96 | Previa - Obra Minera | O-C | 0.16 |
| 1 | 1.25 | Robbin 54 | Previa - Obra Minera | O-C | 0.16 |
| 1 | 1.26 | Robbin 51 | Previa - Obra Minera | O-C | 0.16 |
| 1 | 1.27 | Robbin 73 | Previa - Obra Minera | O-C | 0.04 |
| 1 | 1.28 | Robbin 13 | Previa - Obra Minera | O-C | 0.04 |
| 1 | 1.29 | Robbin CMX_2 | Previa - Obra Minera | O-C | 0.0481 |
| 1 | 1.30 | Robbin 15 | Previa - Obra Minera | O-C | 0.04 |
| 1 | 1.31 | Caminos | Previa - Apoyo O* | O-C | 30.0069 |
| 1 | 1.32 | Áreas intermedias | Previa - Apoyo O* | O-C | 161.7012 |
| | | | | | |
| 2 | 2.1 | Las moras: Contrapozo Accesos La Mora Tiradero 4 | Previa - Obra Minera | O-C | 3.2817 |
| 2 | 2.2 | Áreas de servicio: Contra pozos Accesos La Mora Tiradero 4 | Autorizada - Obra Minera | O-C | 10.1644 |
| 2 | 2.3 | Contra pozo 3 | Autorizada - Obra Minera | O-C | 0.0275 |
| 2 | 2.4 | Contra pozo 2 | Autorizada - Obra Minera | O-C | 0.0281 |
| 2 | 2.5 | Contra pozo 1 | Autorizada - Obra Minera | O-C | 0.2423 |
| 2 | 2.6 | Bocamina Tampoch: Boca mina Talleres Bodegas Caseta de Policía Instalaciones del Concreto Lanzado, patio de maniobras de equipos, almacén de transferencia de residuos, tanque de combustible, área de contratistas, | Autorizada – Apoyo O* | O-C | 0.53 |
| 2 | 2.7 | Patios Acuatitla: accesos zona de explotación | Autorizada - Apoyo O* | O-C | 3.5784 |
| 2 | 2.8 | Oficinas de Geología: Talleres, Caminos, Oficinas | Autorizada - Apoyo L** | O-C | 0.4972 |
| 2 | 2.9 | Carretera Casetas - Tepehuacán | Autorizada - Apoyo L** | O-C | 0.726 |
| 2 | 2.10 | Caseta de Policía (Vigilancia) | Autorizada - Apoyo L** | O-C | 0.047 |
| 2 | 2.11 | Caminos | Autorizada - Apoyo O* | O-C | 1.5593 |
| 2 | 2.12 | Accesos | Autorizada - Apoyo L** | O-C | 0.2702 |
| 2 | 2.13 | Subestación eléctrica | Autorizada - Apoyo O* | O-C | 0.1602 |
| 2 | 2.14 | Proyecto Stainert: concreto lanzado (con depósito de polvos) | Autorizada - Obra Minera | O-C | 5.9709 |
| 2 | 2.15 | La isla, Tajo Acuatitla: accesos Extracción de óxidos | Autorizada - Obra Minera | O-C | 8.8832 |
| 2 | 2.16 | Área verde 4 | Autorizada - Apoyo L** | O-C | 2.8344 |
| 2 | 2.17 | Área verde 2 | Autorizada - Apoyo L** | O-C | 4.1688 |

| ID | | Nombre del área | Tipo | Etapa | Superficie (ha) |
|---|---|---|---|---|---|
| 2 | 2.18 | Área verde 1 | Autorizada - Apoyo L** | O-C | 7.9633 |
| 2 | 2.19 | Área verde 3 | Autorizada - Apoyo L** | O-C | 8.7794 |
| 2 | 2.20 | Área verde 5 | Autorizada - Apoyo L** | O-C | 8.8451 |
| | | | | | |
| 3 | 3.1 | STOCK PILE | Previa - Obra Minera | O-C | 0.9106 |
| 3 | 3.2 | Planta de Beneficio: área de trituración secundaria, trituración terciaria, stock de mineral triturado, área de tolvas #2, rea de Stainert, Horno de Nodulización, área de enfriamiento, Colector de polvos, (Casa de sacos), oficinas, capacitación, almacén de materiales, talleres y mantenimiento planta, planta de tratamiento agua sanitaria, estacionamiento y áreas operativas, laboratorio de ensaye, área de producto terminado, talud de polvos, | Previa - Obra Minera | O-C | 14.7620 |
| 3 | 3.3 | UG - Coyoles: Tiradero de Concreto, Oficinas de Planeación, Oficinas de Geología, Túnel Coyoles, Patio Coyoles, Depósito de Chatarra Estacionamiento, Depósito de Polvos, Bodegas Zarpeo y Chatarra, planta de tratamiento de aguas residuales, | Previa - Apoyo O* | O-C | 4.5515 |
| 3 | 3.4 | Polígono de Servicios Energéticos y Explosivos: Diésel Subestación Polvorines Accesos, caseta de vigilancia | Previa - Apoyo O* | O-C | 0.3935 |
| 3.1 | 3.A.5 | Antigua Báscula | Previa - Apoyo L** | O-C | 0.1515 |
| 3 | 3.6 | Área de maniobras para logística | Previa - Apoyo L** | O-C | 13.4875 |
| 3 | 3.7 | Área de Infraestructura de Combustibles: Diésel | Previa - Apoyo O* | O-C | 0.2521 |
| 3 | 3.8 | Área de reabastecimiento de combustible: Bodegas, tubería de gas natural | Previa - Apoyo O* | O-C | 0.9726 |
| 3 | 3.9 | Tanque de Agua | Previa - Apoyo O* | O-C | 1.7489 |
| 3 | 3.10 | Casa de Fuerza | Previa - Apoyo O* | O-C | 1.0383 |
| 3 | 3.11 | Camino a Coyoles | Previa - Apoyo O* | O-C | 6.2716 |
| 3 | 3.12 | Carretera Otongo - Tepehuacán | Previa - Apoyo O* | O-C | 0.7411 |
| 3 | 3.13 | Polígono de Servicios de Entrada y Vigilancia: Estacionamiento Acceso Caseta de Policía | Previa - Apoyo L** | O-C | 0.6047 |
| 3 | 3.14 | Zona industrial: Oficinas, Almacenes, talleres de Piso / Automotriz Patios Laboratorio Químico, tanques de diésel, Estacionamiento, antigua planta piloto, Bodegas, almacenes de sustancias químicas, Depósito de Chatarra Caminos | Previa - Apoyo L** | O-C | 3.8808 |
| 3 | 3.15 | Vivero | Previa - Apoyo O* | O-C | 0.7593 |
| 3 | 3.16 | Área verde 1 | Previa - Apoyo L** | O-C | 6.4277 |
| 3 | 3.17 | Área verde 3 | Previa - Apoyo L** | O-C | 0.6295 |
| 3 | 3.18 | Área verde 2 | Previa - Apoyo L** | O-C | 0.5174 |
| 3 | 3.19 | Área verde 4 | Previa - Apoyo L** | O-C | 26.3126 |
| 3 | 3.20 | Área verde 5 | Previa - Apoyo L** | O-C | 33.0438 |
| | | | | | |
| 4 | 4.1 | Área de Evaluación Geológica ZONA 300 | Previa - Obra Minera | O-C | 8.6042 |
| 4 | 4.2 | La Pedrera | Previa - Obra Minera | O-C | 2.8809 |
| 4 | 4.3 | Área de Evaluación Geológica (Crisolco 1) | Previa - Obra Minera | O-C | 32.7751 |
| 4 | 4.4 | Área de Evaluación Geológica (Crisolco 2) | Previa - Obra Minera | O-C | 7.5389 |
| 4 | 4.5 | Propuesta de relleno sanitario | Nueva – Apoyo O* | P-O-C | 2.00 |
| 4 | 4.6 | Perifiltro: Perifiltro Accesos Tubería de agua Comedor | Previa - Apoyo O* | O-C | 14.0958 |
| 4 | 4.7 | Instalaciones CCUM | Previa - Apoyo L** | O-C | 8.994 |
| 4 | 4.8 | Carretera Tepehuacán-Casetas | Previa - Apoyo O* | O-C | 1.7711 |
| 4 | 4.9 | Camino de bombas Tlatelpingo | Previa - Apoyo O* | O-C | 2.8867 |
| 4 | 4.10 | Cancha de futbol | Previa - Apoyo L** | O-C | 2.3222 |
| 4 | 4.11 | Cancha de tenis | Previa - Apoyo L** | O-C | 1.7581 |
| 4 | 4.12 | Zona Habitacional: Accesos Infraestructura Caminos de Herradura Antena | Previa - Apoyo L** | O-C | 37.0443 |
| 4 | 4.13 | Cancha de futbol colonia | Previa - Apoyo L** | O-C | 1.211 |
| 4 | 4.14 | PTAR | Previa - Apoyo O* | O-C | 1.942 |
| 4 | 4.15 | Tubería agua | Previa - Apoyo O* | O-C | 0.9927 |
| 4 | 4.16 | Infraestructura Bombas Tlatelpingo Accesos Bodegas Tubería de agua Oficina Caminos | Previa - Apoyo O* | O-C | 2.209 |
| 4 | 4.17 | Polígono Camino hacia las bombas/Área Verde | Previa - Apoyo O* | O-C | 40.9917 |
| 4 | 4.18 | Área verde 2 | Previa - Apoyo L** | O-C | 7.734 |
| 4 | 4.19 | Área verde 1 | Previa - Apoyo L** | O-C | 0.6149 |

| ID | | Nombre del área | Tipo | Etapa | Superficie (ha) |
|---|---|---|---|---|---|
| 4 | 4.20 | Área verde 5 | Previa - Apoyo L** | O-C | 7.2525 |
| 4 | 4.21 | Área verde 4 | Previa - Apoyo L** | O-C | 9.708 |
| 4 | 4.22 | Área verde 3 | Previa - Apoyo L** | O-C | 12.621 |
| 4 | 4.23 | Área verde 10 | Previa - Apoyo L** | O-C | 9.3813 |
| 4 | 4.24 | Área verde 6 | Previa - Apoyo L** | O-C | 23.7872 |
| 4 | 4.25 | Área verde 9 | Previa - Apoyo L** | O-C | 0.9111 |
| 4 | 4.26 | Área verde 8 | Previa - Apoyo L** | O-C | 3.2242 |
| 4 | 4.27 | Área Verde 7 | Previa - Apoyo L** | O-C | 2.1016 |
| | | | | **Sub Total** | **717.0705** |
| **Naopa** | | | | | |
| 5 | 5.1 | Tajo Naopa | Autorizado – Obra Minera | O-C | 45.036 |
| 5 | 5.2 | Tepetatera Guadalupe | Nueva - Obra Minera | P-O-C | 57.1953 |
| 5 | 5.3 | Tepetatera Norte | Autorizado – Obra Minera | O-C | 34.5214 |
| 5 | 5.4 | Tepetatera Sur | Autorizado – Obra Minera | O-C | 84.4544 |
| 5 | 5.5 | Zona industrial Naopa: Taller de mantenimiento, Área de lavado de camiones, Planta de separación de grasas y aceites, Oficinas, Planeación de la Mina, Gerencia General, Área de Topografía, Otras Áreas Administrativas, Tanques de combustibles, Vivero y CEA, Comedor, Área de Geología, Área de seguridad y capacitación, Estacionamientos, Servicios sanitarios, Planta de tratamiento, Almacén de residuos peligrosos. | Autorizado - Apoyo O* | O-C | 16.416 |
| 5 | 5.6 | Patio de mineral | Autorizado – Obra Minera | O-C | 11.9183 |
| 5 | 5.7 | Stock ley intermedia: Recepción y almacenamiento de mineral, Clasificación, Almacenamiento y carga, Control de calidad | Autorizado – Obra Minera | O-C | 9.3111 |
| 5 | 5.8 | Polvorines | Autorizado - Apoyo O* | O-C | 5.7287 |
| 5 | 5.9 | Patio de maniobras: Recepción y clasificación de material, Almacenamiento temporal, Carga y descarga de materiales, Maniobras de equipos, Inspección y mantenimiento de equipos, Control de tráfico, Seguridad y vigilancia, Registro y seguimiento de materiales | Autorizado - Apoyo O* | O-C | 5.164 |
| 5 | 5.10 | Depósito de suelo orgánico | Autorizado - Apoyo O* | O-C | 1.1463 |
| 5 | 5.11 | Áreas verdes 2 | Autorizado - Apoyo L** | O-C | 34.0426 |
| 5 | 5.12 | Áreas verdes 4 | Nueva- Apoyo L** | P-O-C | 28.4648 |
| 5 | 5.13 | Áreas verdes 3 | Nueva- Apoyo L** | P-O-C | 6.3855 |
| 5 | 5.14.a | Áreas verdes 6 | Nueva- Apoyo L** | P-O-C | 18.4925 |
| 5 | 5.14.b | Áreas verdes 6 | Nueva- Apoyo L** | P-O-C | 27.2433 |
| 5.A | 5.A.15 | Áreas verdes 5 | Nueva- Apoyo L** | P-O-C | 5.1919 |
| 5.B | 5.B.16 | Área de conservación 1 “Ocotal” | Autorizado - Apoyo L** | | 59.7412 |
| | | | | **Sub Total** | **450.4533** |
| **Nonoalco** | | | | | |
| 6 | 6.1 | Planta de Beneficio: Planta OxMn, Planta de Secado, Accesos, Patios Planta de Tratamiento de aguas residuales, tanques de combustibles, almacén de residuos peligrosos. | Previa - Obra Minera | O-C | 1.7632 |
| 6 | 6.2 | Depósito de Lodos Norte de Alumbres-1 | Previa - Obra Minera | O-C | 1.2989 |
| 6 | 6.3 | Depósito de Lodos Norte de Alumbres - 2 | Previa - Obra Minera | O-C | 1.2633 |
| 6 | 6.4 | Depósito de Lodos Buena Vista | Previa - Obra Minera | O-C | 1.8403 |
| 6 | 6.5 | Depósito de Lodos Cajón II | Previa - Obra Minera | O-C | 1.3102 |
| 6 | 6.6 | Depósito de Lodos Block - 3 | Previa - Obra Minera | O-C | 0.6519 |
| 6 | 6.7 | Depósito de Lodos Stock-7 I | Previa - Obra Minera | O-C | 1.71 |
| 6 | 6.8 | Depósito de Lodos C. Prieto Norte I Depósito de Lodos C. Prieto Norte II Depósito de Lodos C. Prieto Norte IV Vaso Anexo Depósito de Lodos C. Prieto Sur Accesos Basurero | Previa - Obra Minera | O-C | 7.1404 |
| 6 | 6.9 | Depósito de Lodos los Patos Accesos Depósito de Lodos Stock- 7 II | Previa - Obra Minera | O-C | 3.5818 |
| 6 | 6.10 | Depósito de Lodos No. 1<br>Depósito de Lodos No. 2, Depósito de Lodos No. 3, D. Regulación, Accesos Arroyos Bodegas Presa Cañada (Agua Limpia) | Previa - Obra Minera | O-C | 5.4289 |
| 6 | 6.11 | Embalse | Previa - Apoyo L** | O-C | 0.122 |
| 6 | 6.12 | Depósito No. 4 | Previa - Obra Minera | O-C | 0.7202 |

| ID | | Nombre del área | Tipo | Etapa | Superficie (ha) |
|---|---|---|---|---|---|
| 6 | 6.13 | Presa Cabrera (aprovechamiento superficial) | Previa - Obra Minera | O-C | 0.4646 |
| 6 | 6.14 | Presa de los peces | Previa - Obra Minera | O-C | 0.5914 |
| 6 | 6.15 | Depósito de jales Panteón: | Previa - Obra Minera | O-C | 2.3073 |
| 6 | 6.16 | Patio 4 (depósito de lodos) | Previa - Apoyo O* | O-C | 0.4872 |
| 6 | 6.17 | Patio 5 (depósito de lodos) | Previa - Apoyo O* | O-C | 0.224 |
| 6 | 6.18 | Patio de maniobras (depósito de lodos) | Previa - Apoyo O* | O-C | 2.7468 |
| 6 | 6.19 | Bodega Patio 7 | Previa - Apoyo L** | O-C | 0.1189 |
| 6 | 6.20 | Camino Vecinal | Previa - Apoyo O* | O-C | 0.1529 |
| 6 | 6.21 | Caminos | Previa - Apoyo O* | O-C | 0.2118 |
| 6 | 6.22 | Caminos | Previa - Apoyo O* | O-C | 0.4767 |
| 6 | 6.23 | Calle Comunitaria | Previa - Apoyo O* | O-C | 0.0664 |
| 6 | 6.24 | Caminos | Previa - Apoyo O* | O-C | 0.3517 |
| 6 | 6.25 | Caminos | Previa - Apoyo O* | O-C | 0.1867 |
| 6 | 6.26 | Camino Comunitario | Previa - Apoyo O* | O-C | 0.3860 |
| 6 | 6.27 | Camino a Cerro Prieto | Previa - Apoyo O* | O-C | 1.5264 |
| 6 | 6.28 | Caminos | Previa - Apoyo O* | O-C | 0.2674 |
| 6 | 6.29 | Sindicato | Previa - Apoyo L** | O-C | 0.4219 |
| 6 | 6.30 | Infraestructura: Almacén Oficinas Planta Concentradora (trituración, cribado, clasificación por hidrociclones, tanque espesador, sistema de filtración, control de emisiones,) Nave de mesas concentradoras, bodegas, accesos, tuberías, Talleres, subestación eléctrica, comedor, oficinas, sala de juntas, | Previa - Apoyo L** | O-C | 2.2662 |
| 6 | 6.31 | Área de Servicios: Caseta de Policía Estacionamiento Depósito de Chatarra Caminos | Previa - Apoyo L** | O-C | 0.5686 |
| 6 | 6.32 | Tanques: Tanques Acceso Caseta de Policía (Vigilancia) | Previa - Apoyo L** | O-C | 0.3490 |
| 6 | 6.33 | Oficinas Laboratorio. Laboratorio, accesos, estacionamiento, departamento médico | Previa - Apoyo O* | O-C | 0.4518 |
| 6 | 6.34 | Filtro Prensa: Filtro Prensa Cuarto de Control Tanque | Previa - Apoyo O* | O-C | 0.1203 |
| 6 | 6.35 | Tiradero de Cerro Prieto: Extracción de Óxidos Accesos Bermas | Previa - Obra Minera | O-C | 4.3494 |
| 6 | 6.36 | Bodega de Geología | Previa - Apoyo L** | O-C | 0.6032 |
| 6 | 6.37 | Gimnasio al Aire Libre | Previa - Apoyo L** | O-C | 0.3140 |
| 6 | 6.38 | Zona de la Cabaña<br>Cancha de Básquetbol | Previa - Apoyo L** | O-C | 0.8791 |
| 6 | 6.39 | Áreas Verdes 3 | Previa - Apoyo L** | O-C | 3.8783 |
| 6 | 6.40 | Áreas Verdes 5 | Previa - Apoyo L** | O-C | 0.9103 |
| 6 | 6.41 | Áreas Verdes 1 | Previa - Apoyo L** | O-C | 0.1117 |
| 6 | 6.42 | Áreas Verdes 8 | Previa - Apoyo L** | O-C | 0.2516 |
| 6 | 6.43 | Áreas Verdes 7 | Previa - Apoyo L** | O-C | 1.0073 |
| 6 | 6.44 | Áreas Verdes 9 | Previa - Apoyo L** | O-C | 0.1922 |
| 6 | 6.45 | Áreas Verdes 11 | Previa - Apoyo L** | O-C | 0.0527 |
| 6 | 6.46 | Áreas Verdes 6 | Previa - Apoyo L** | O-C | 0.3608 |
| 6 | 6.47 | Áreas Verdes 4 | Previa - Apoyo L** | O-C | 1.0965 |
| 6 | 6.48 | Áreas Verdes 12 | Previa - Apoyo L** | O-C | 1.4878 |
| 6 | 6.49 | Área Verde 10 | Previa - Apoyo L** | O-C | 1.055 |
| 6 | 6.50 | Área Verde: Camino a Cerro Prieto 2 | Previa - Apoyo L** | O-C | 4.6815 |
| 6.A | 6.A.51 | Área de Evaluación Geológica: Jalamelco | Previa - Obra Minera | O-C | 3.3078 |
| 6.B | 6.B.52 | Área de Evaluación Geológica: El Lucero | Previa - Obra Minera | O-C | 2.032 |
| 6.C | 6.C.53 | Área de Evaluación Geológica: Ocotitla | Previa - Obra Minera | O-C | 0.568 |
| 6.D | 6.D.54 | Área de Evaluación Geológica: Yatitla | Previa - Obra Minera | O-C | 2.3074 |
| 6.E | 6.E.55 | Área de Evaluación Geológica: Mina La Colmena | Previa - Obra Minera | O-C | 17.6046 |
| 6.F | 6.F.56 | Área de Evaluación Geológica: Mina Vieja<br>Extracción de Óxidos | Previa - Obra Minera<br>Previa - Obra Minera | O-C | 3.7703 |
| 6.G | 6.G.57 | Área de Evaluación Geológica: Ocote Tierno | Previa - Obra Minera | O-C | 3.0294 |
| 6.H | 6.H.58 | Área de Evaluación Geológica: Malila 1<br>Construcción de Auditorio | Previa - Obra Minera<br>Previa - Apoyo L** | O-C | 1.0929 |
| 6.I | 6.I.59 | Área de Evaluación Geológica: Cajón Malila | Previa - Obra Minera | O-C | 0.5543 |
| 6.J | 6.J.60 | Área de Evaluación Geológica: Presas Malila 3 | Previa - Obra Minera | O-C | 0.127 |

| ID | | Nombre del área | Tipo | Etapa | Superficie (ha) |
|---|---|---|---|---|---|
| 6.K | 6.K.61 | Área de Evaluación Geológica: Presas Malila 2 | Previa - Obra Minera | O-C | 1.8442 |
| 6.L | 6.L.62 | Área de Evaluación Geológica: Proyecto Júpiter | Previa - Obra Minera | O-C | 5.5558 |
| 6.M | 6.M.63 | Área de Evaluación Geológica: Tepeolo | Previa - Obra Minera | O-C | 13.4497 |
| 6.N | 6.N.64 | Zona de Rehabilitación Ambiental (Área original Impactada, previo a 1988): Tepeolo - Cierre de Mina | Previa - Obra Minera | C | 1.7451 |
| 6.Ñ | 6.Ñ.65 | Área de evaluación Geológica: Propiedad Privada | Previa - Obra Minera | O-C | 2.9462 |
| | | Extracción de Óxidos | Previa - Obra Minera | | |
| 6.O | 6.O.66 | Área de Evaluación Geológica: Sur de la Chorrera | Previa - Obra Minera | O-C | 1.1339 |
| | | | | **Sub Total** | **123.8751** |
| | | | | **Total (***)** | **1,291.3989** |

Notas: 1.- Las obras 2.2 a las 2.20 se encuentran dentro de la superficie autorizada para el Tajo Acuatitla
2.- Lo resaltado en color rosa corresponde a obras nuevas
3.- Para este caso, se entiende lo mismo para depósito de lodos, depósito de jales
***Apoyo Operativo, **Apoyo logístico**
**P = Preparación del sitio y construcción, O = Operación y mantenimiento, C = Cierre**

| ID | Nombre del área | Tipo | Etapa | A. Superficie total del polígono (ha) | B. Superficie de traslape en áreas operativas (ha) | C. Superficie de traslape en Áreas Verdes (ha) | Superficie sin traslape (ha) [A – B – C] |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **ÁREAS DE INTERES DE EXPLORACIÓN (AIE)** | | | | | | | |
| **PRÓXIMAS A LA UNIDAD MOLANGO (ZONA NORTE)** | | | | | | | |
| 6 | Jiadi | Nueva-AIE | P-O-C | 798.7393 | | | 798.7393 |
| 5 | Toltecas | Nueva-AIE | P-O-C | 931.3387 | | | 931.3387 |
| 7 | Gama | Nueva-AIE | P-O-C | 373.2852 | | | 373.2852 |
| 8 | Gama II | Nueva-AIE | P-O-C | 339.5269 | | | 339.5269 |
| 9 | Alfa 1 | Nueva-AIE | P-O-C | 838.0995 | | | 838.0995 |
| 10 | Beta | Nueva-AIE | P-O-C | 290.7414 | | | 290.7414 |
| 11 | San Antonino | Nueva-AIE | P-O-C | 718.5000 | 7.5930 | | 710.9070 |
| 14 | Flanco SW | Nueva-AIE | P-O-C | 202.5000 | 191.2144 | | 11.2856 |
| 15 | Flanco SW II | Nueva-AIE | P-O-C | 88.3363 | 7.5882 | | 80.7481 |
| 13 | Flanco NE | Nueva-AIE | P-O-C | 78.9540 | 74.2962 | | 4.6578 |
| 12 | Coyoles | Nueva-AIE | P-O-C | 432.7500 | 24.2711 | 20.8471 | 387.6318 |
| 18 | Alfa | Nueva-AIE | P-O-C | 327.0161 | | | 327.0161 |
| 19 | San Judas | Nueva-AIE | P-O-C | 263.2500 | 82.3279 | 8.1789 | 172.7432 |
| 24 | San Judas norte | Nueva-AIE | P-O-C | 106.7501 | | | 106.7501 |
| 25 | San Judas oeste | Nueva-AIE | P-O-C | 55.6972 | | | 55.6972 |
| 26 | Tlatelpingo | Nueva-AIE | P-O-C | 242.6857 | | | 242.6857 |
| **PRÓXIMAS A LA UNIDAD NAOPA (ZONA CENTRO)** | | | | | | | |
| 4 | Naopa NW (Noru) | Nueva-AIE | P-O-C | 1396.0754 | 219.9534 | 103.2501 | 1072.8719 |
| 16 | San Bernardo | Nueva-AIE | P-O-C | 498.7603 | | | 498.7603 |
| **PRÓXIMAS A LA UNIDAD NONOALCO (ZONAS CENTRO Y SUR)** | | | | | | | |
| 1 | Júpiter | Nueva-AIE | P-O-C | 272.4644 | 15.3552 | 0.5279 | 256.5813 |
| 2 | Nonoalco | Nueva-AIE | P-O-C | 241.1762 | 42.1294 | 9.4394 | 189.6074 |
| 3 | Puma | Nueva-AIE | P-O-C | 251.5859 | 1.2527 | | 250.3332 |
| 17 | Ixmolintla | Nueva-AIE | P-O-C | 646.9599 | 18.7052 | | 628.2547 |
| 20 | Jalamelco | Nueva-AIE | P-O-C | 170.3382 | 2.7851 | | 167.5531 |
| 21 | Xochicoatlán | Nueva-AIE | P-O-C | 182.8093 | | | 182.8093 |
| 22 | El Lucero | Nueva-AIE | P-O-C | 189.2060 | 0.0731 | | 189.1329 |
| 23 | Zeta | Nueva-AIE | P-O-C | 324.3387 | 6.7691 | | 317.5696 |
| | **Totales** | | | **10,261.8847** | **694.3140** | **142.2434** | **9,425.3273** |
| | | | | | **836.5574** | | |

| Superficie total (Molango+Naopa+Nonoalco+ AIE sin traslapes) en ha | Molango | Naopa | Nonoalco | AIE | Total |
|---|---|---|---|---|---|
| | 717.0705 | 450.4533 | 123.8751 | 9,425.3273 | **10,716.7262** |
| | 1,291.3989 | | | | |


SANAT Soluciones en Gestión Ambiental

En la Figura I.1 se muestran las áreas que integran el **Distrito Minero Autlán** de acuerdo con su naturaleza:

- Áreas Nuevas
  - Tepetatera Guadalupe
  - Propuesta de Relleno Sanitario
  - Áreas verdes
- Áreas previas a la LGEEPA
- Áreas autorizadas
  - Tajo Naopa
  - Modificación Tajo Naopa
  - Tajo Acuatitla
  - Proyecto Stayner (dentro del área autorizada para el Tajo Acuatitla)
- Áreas de interés de exploración

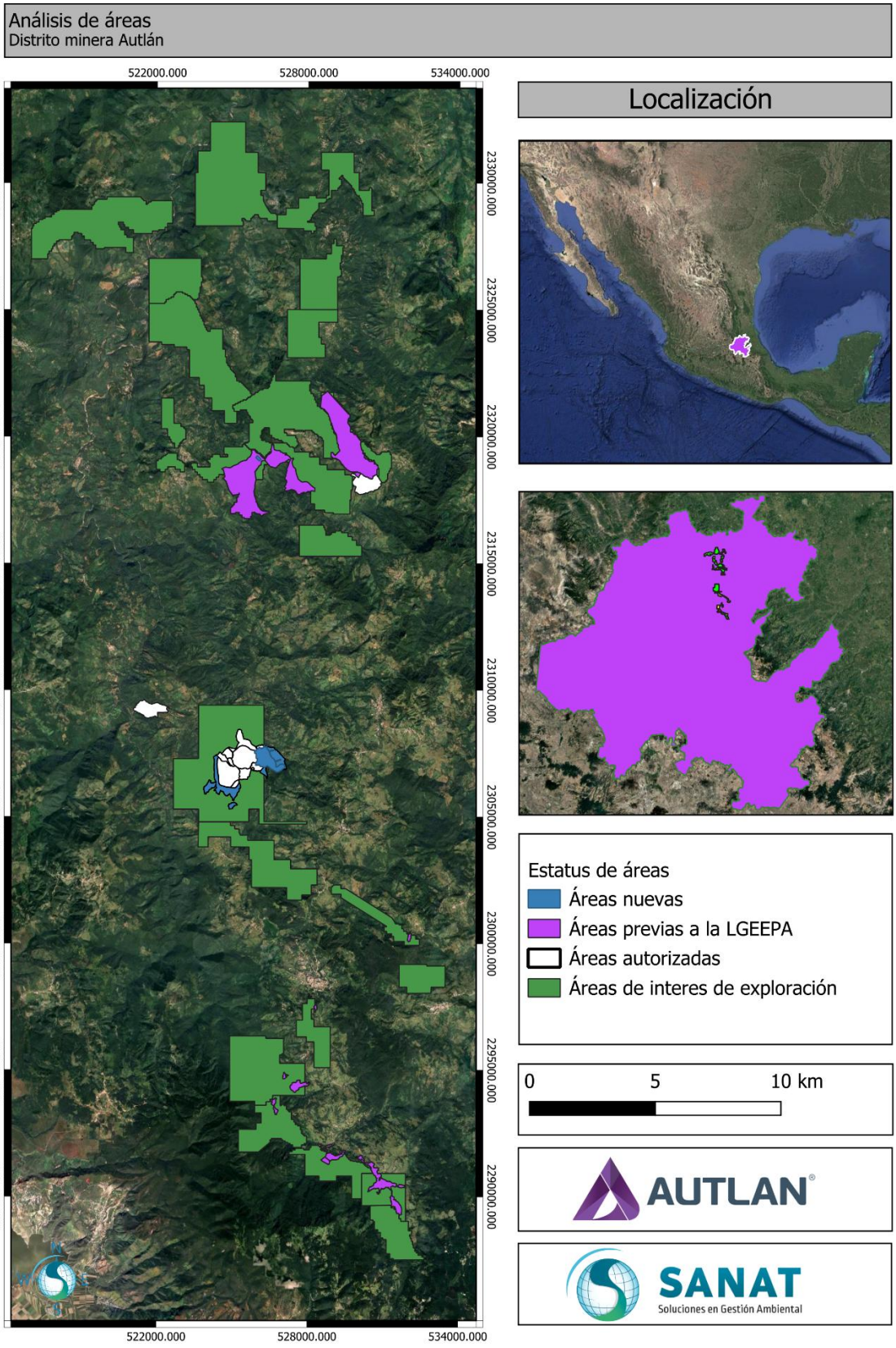



*Figura I. 1. Análisis de áreas de acuerdo con su naturaleza*

En el Capítulo II de este documento se incluyen los planos de todas las secciones de las diferentes áreas que integran el Distrito Minero Autlán.

## I.3. Superficies del proyecto

La superficie del Distrito Minero Autlán propuesto comprende **10,716.7262** ha de acuerdo con lo siguiente

*Tabla I. 2. Análisis de Superficies*

| Áreas | | Superficie (ha) |
|---|---|---|
| Áreas nuevas | • Tepetatera Guadalupe | 57.1953 |
| | • Relleno Sanitario | 2.0000 |
| | • Áreas Verdes | 85.7780 |
| | **Subtotal** | **144.9733** |
| Áreas previas a la LGEEPA | | **773.6699** |
| Áreas autorizadas (MIA, Modificaciones y DTU) | • Tajo Naopa y tepetatera Norte | 79.5574 |
| | • Mod Tajo Naopa | 168.1814 |
| | • Área de conservación 1 Ocotal | 59.7412 |
| | • Tajo Acuatitla (Tajo, caminos, bocaminas, etc., • Proyecto Stainert autorizado dentro de esta misma área de Acuatitla | 65.2757 |
| | **Subtotal** | **372.7557** |
| Áreas de interés de exploración | | **9,425.3273** |
| | **Total** | **10,716.7262** |

Es importante señalar que dentro de este análisis de superficies **Compañía Minera Autlán, S.A.B. de C.V.,** tiene destinados 25 polígonos para áreas verdes de acuerdo con lo siguiente:

*Tabla I. 3. Superficie de áreas verdes*

| ID | Área | Superficie |
|---|---|---|
| **Molango** | | |
| 2.16 | Área verde 4 | 2.8344 |
| 2.17 | Área verde 2 | 4.1688 |
| 2.18 | Área verde 1 | 7.9633 |
| 2.19 | Área verde 3 | 8.7794 |
| 2.20 | Área verde 5 | 8.8451 |
| 3.16 | Área verde 1 | 6.4277 |
| 3.17 | Área verde 3 | 0.6295 |
| 3.18 | Área verde 2 | 0.5174 |
| 3.19 | Área verde 4 | 26.3126 |
| 3.2 | Área verde 5 | 33.0438 |
| 4.18 | Área verde 2 | 7.734 |
| 4.19 | Área verde 1 | 0.6149 |
| 4.2 | Área verde 5 | 7.2525 |
| 4.21 | Área verde 4 | 9.708 |
| 4.22 | Área verde 3 | 12.621 |
| 4.23 | Área verde 10 | 9.3813 |
| 4.24 | Área verde 6 | 23.7872 |
| 4.25 | Área verde 9 | 0.9111 |
| 4.26 | Área verde 8 | 3.2242 |

| ID | Área | Superficie |
|---|---|---|
| 4.27 | Área Verde 7 | 2.1016 |
| | **Subtotal** | **176.8578** |
| | **Naopa** | |
| 5.12 | Áreas verdes 4 | 28.4648 |
| 5.13 | Áreas verdes 3 | 6.3855 |
| 5.14 | Áreas verdes 6 | 60.2053 |
| 5.A.15 | Áreas verdes 5 | 5.1919 |
| | **Subtotal** | 100.2475 |
| 5.B.16 | Área de conservación 1 "Ocotal" | 59.7412 |
| | **Total** | **336.8465** |

Por otra parte, es importante aclarar que las actividades a desarrollar en las Áreas de Evaluación Geológica y en la exploración, no involucran formalmente labores constructivas; son, sucesivas y progresivas; y se encuentran sujetas a un plan de trabajo particular, dependiendo de su nivel de prioridad.

Si bien, las Área de Interés de Exploración (AIE) dan una superficie de 9,425.3273 ha sin traslapes, distribuidas en 26 polígonos, actualmente sólo se han definido obras para los proyectos San Antonio (27 planillas de barrenación, seis patios de maniobras y caminos) en una superficie de 151 ha, y para Naopa NW (Noru) (49 planillas de barrenación, cinco patios de maniobras y caminos) en una superficie de 89.7 ha.

## I.4. Ubicación del proyecto

El **Distrito Minero Autlán** se ubica en el norte del estado de Hidalgo en la provincia de la Sierra Madre Oriental, subprovincia del Carso Huasteco, dentro del Distrito Manganesífero de Molango, el más importante de México y uno de los más ricos del mundo a una distancia aproximada de 260 km de la Ciudad de México.

El proyecto corresponde al sector minero, específicamente a la exploración, explotación y beneficio de manganeso, Integrado por tres unidades mineras denominadas **Molango**, **Naopa** y **Nonoalco**, así como áreas propensas a exploración que inciden en los siguientes municipios:

**Molango.-** Le corresponden las coordenadas geográficas 20°47´11.394" de latitud norte y 98°43'50.929" de longitud oeste, con una altitud sobre el nivel del mar de 1580 metros. Sus colindancias son al norte con Tlahuiltepa, Tepehuacán de Guerrero y Lolotla, al este con Lolotla y Xochicoatlán, al sur con Xochicoatlán, Metztitlán, Eloxochitlán y Juárez Hidalgo y al oeste con Juárez Hidalgo y Tlahuiltepa.

Molango de Escamilla se encuentra en la provincia de la Sierra Madre Oriental, en la subprovincia del Carso Huasteco. Su terreno es de sierra y se encuentra en la región del Pánuco, en la cuenca del río Moctezuma.

El municipio de Molango de Escamilla está comunicado por una red carretera de 90.14 kilómetros, de los cuales 25.30 kilómetros son de carretera troncal federal pavimentada, y 64.84 kilómetros, de caminos rurales y tercería. Aproximadamente A 64 km al NE, en línea recta de mineral del monte.

**Lolotla. -** Se encuentra ubicado a una altitud sobre el nivel del mar de 1,600 metros., su localización geográfica es por el Norte, Latitud 20° 50' 21'' y por el Oeste, Longitud de 98° 43' 07''. Sus colindancias son al Norte con el Estado de San Luis Potosí, al Sur con el municipio de Xochicoatlán, al Oeste con los Municipios de Molango y Tepehuacán de Guerrero, al Este con los Municipios de Tlanchinol y Calnali.

Lolotla está comunicada por la carretera Federal 105 México-Tampico; la cual atraviesa el municipio en un tramo aproximado de 12 km. de pavimento, a su paso beneficia directa o indirectamente a la cabecera municipal y a Ixtlahuaco así como a la comunidad de Acatepec, Huitznopala, Tlaltepingo.

La carretera 105 antes de llegar a la comunidad de Ixtlahuaco, que está en el entronque con la carretera pavimentada a Calnali, en su paso comunica al pueblo de Contepec. Las demás comunidades están comunicadas por veredas o caminos de Herradura.

**Tepehuacán de Guerrero. -** Se encuentra a una altitud sobre el nivel del mar de 900 metros, su localización geográfica es por el Norte, Latitud 21° 00' 47'' y por el Oeste, Longitud de 98° 50' 39''. El Municipio, colinda al Norte con el Municipio de Chapulhuacan y el Estado de San Luís Potosí, al Sur con los Municipios de Molango y Tlahuiltepa; al Oeste con los Municipios de Chapulhuacan y La Misión; al Este con el Municipio de Lolotla.

Por la vía terrestre cuenta con 49 kilómetros de carretera estatal y 144.4 kilómetros de camino rural.

**Tlanchinol.-** Se encuentra ubicado entre 20° 54´ 45´´ latitud Norte y 98° 39´´ 24´´ longitud Oeste del meridiano de Grenwich este municipio tiene una superficie total de 383.14 km² limitando al Norte con el municipio de San Felipe Orizatlan y el estado de San Luís Potosí, al Sur con el municipio de Calnali Hgo, al Oriente con el municipio de Huazalingo y al Poniente con los municipios de Lolotla y Tepehuacan de Guerrero Hidalgo.

**Eloxochitlán.-** Tiene una altitud sobre el nivel del mar de 1,960 metros. Su localización Geográfica es por el Norte, Latitud 20° 40' 43'' y por el Oeste, Latitud de 98° 48' 36''. Sus colindancias son: Al Norte con los Municipios de Juárez Hidalgo y Tlahuiltepa, al Sur con el municipio de Metztitlán, al Oeste con los municipios de Tlahuiltepa y Nicolás Flores, al Este con el municipio de Molango.

El total de red carretera en el municipio de Eloxochitlán es de 62.1 kilómetros, 21.1 kms. de alimentadoras estatales pavimentadas y revestidas, 59.7 de caminos rurales y 11.3 kms. de brechas mejoradas.

**Xochicoatlán.-** El municipio de Xochicoatlán se localiza al norte del territorio hidalguense entre los paralelos 20°41' y 20°54' de latitud norte; los meridianos 98°30' y 98°44' de longitud oeste; con una altitud sobre el nivel del mar de entre 400 y 2500 metros.

Colinda al norte con los municipios de Lolotla y Calnali; al este con el municipio de Tianguistengo; al Sur con los municipios de Tianguistengo, Zacualtipán y Metztitlán; al oeste con los municipios de Metztitlán, Molango y Lolotla.

Cuenta con 12 kilómetros de carretera federal, 10.6 estatales pavimentadas y 85.1 kilómetros de caminos rurales.

**Mextitlán.-** Entre los paralelos 20° 23' y 20° 45' de latitud norte; los meridianos 98° 39' y 98° 58' de longitud oeste; altitud entre 900 y 2 700 m. Colinda al norte con los municipios de Eloxochitlán, Molango de Escamilla, Xochicoatlán y Zacualtipán de Ángeles; al este con los municipios de Zacualtipán de Ángeles, San Agustín Metzquititlán y Atotonilco El Grande; al sur con los municipios de Atotonilco El Grande, Actopan y Santiago de Anaya; al oeste con los municipios de Santiago de Anaya, Cardonal y Eloxochitlán.

Ocupa el 3.83% de la superficie del estado. Cuenta con 128 localidades y una población total de 21 623 habitantes.

**Zacualtipan.-** El Municipio de Zacualtipán se ubica geográficamente entre los paralelos 20° 38´41´´ de latitud norte y 98° 39´17´´ de longitud oeste, a una altitud de 1,980 metros sobre el nivel del mar. Colinda al norte con Tianguistengo, Xochicoatlán y Estado de Veracruz; al sur con Metzquititlán; al este con Estado de Veracruz; y al oeste con Metztitlán.

El Municipio cuenta con 16.00 kilómetros de carretera federal México-Tampico, 17 de carreteras alimentadoras estatales, 98.8 kilómetros de caminos rurales. Existen paraderos de autobuses y líneas intraurbanas.

**Juárez Hidalgo**.- El Municipio de Juárez Hidalgo se ubica geográficamente entre los paralelos 20° 46´59´´ de latitud norte y 98° 49´44´´ de longitud oeste, a una altitud de 1,600 metros sobre el nivel del mar. Colinda al norte con Tlahuíltepa y Molango; al sur con Eloxochitlán y Tlahuíltepa.

El municipio esta comunicado por la carretera rural Juárez-Eloxochitlán, que entronca con la carretera federal México-Tampico, a la altura del municipio de Molango. Su sistema de ciudades esta comunicado por carreteras de subsistemas.

En la siguiente figura se muestra la ubicación del **Distrito Minero Autlán** con respecto a los municipios de incidencia

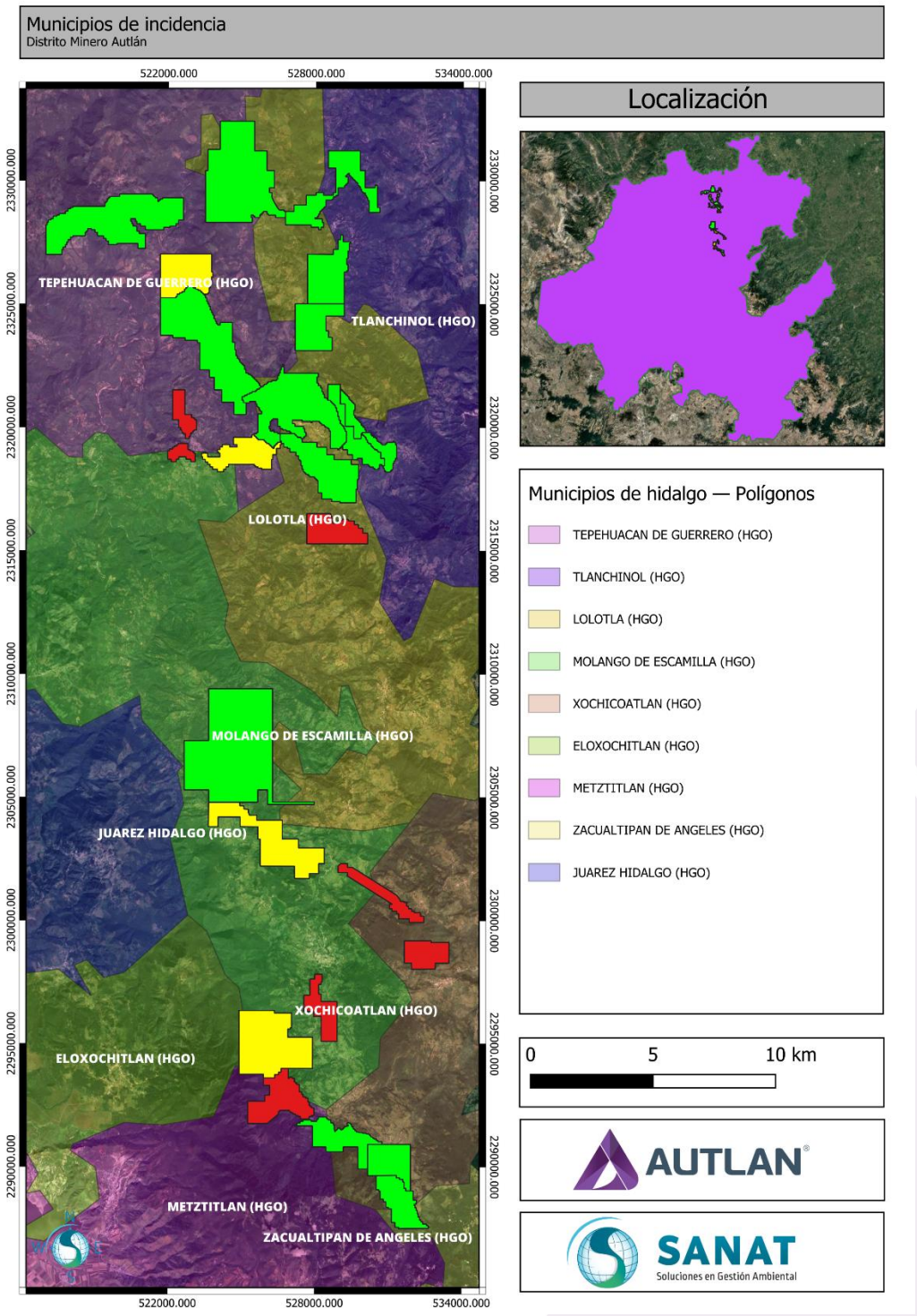



*Figura I. 2. Ubicación del Distrito Minero Autlán con respecto a los municipios de incidencia*

- La Unidad Minera Molango, se ubica a 38.1 km al norte de Molango. Se accede desde Molango, por la Av. Luis Donaldo Colosio hacia la carretera Federal No.105 Pachuca - Huejutla de Reyes con dirección al norte, se pasa por la desviación a Naopa y las localidades de Lolotla, Ixtlahuaco, hasta girar a la izquierda para tomar la carretera Hidalgo Otongo – Santa Ana de Allende pasando por Chachala y llegar a la Unidad Minera Molango.
- La Unidad Minera Naopa, se ubica a 8.9 km en línea recta, al N19°W de Molango. Se accede desde Molango, por la carretera Federal No.105, con dirección al norte, se recorren 9 km hasta la desviación a Naopa, de ahí se baja por camino de terracería, inclinado y muy curveado de 5.5 km hasta el “Tajo Naopa”.
- La Unidad Minera Nonoalco, se ubica a 15.4 km en línea recta de Zacualtipán. Se accede desde Zacualtipán por Toma C Abel Ramírez y Gaudencio Muñoz hacia la carretera Federal No.105 Pachuca - Huejutla de Reyes con dirección al norte, en el km 14.6 se gira a la derecha hacia la Unidad Minera Nonoalco.

En la siguiente figura se muestra la ubicación del **Distrito Minero Autlán** con respecto al estado de Hidalgo.

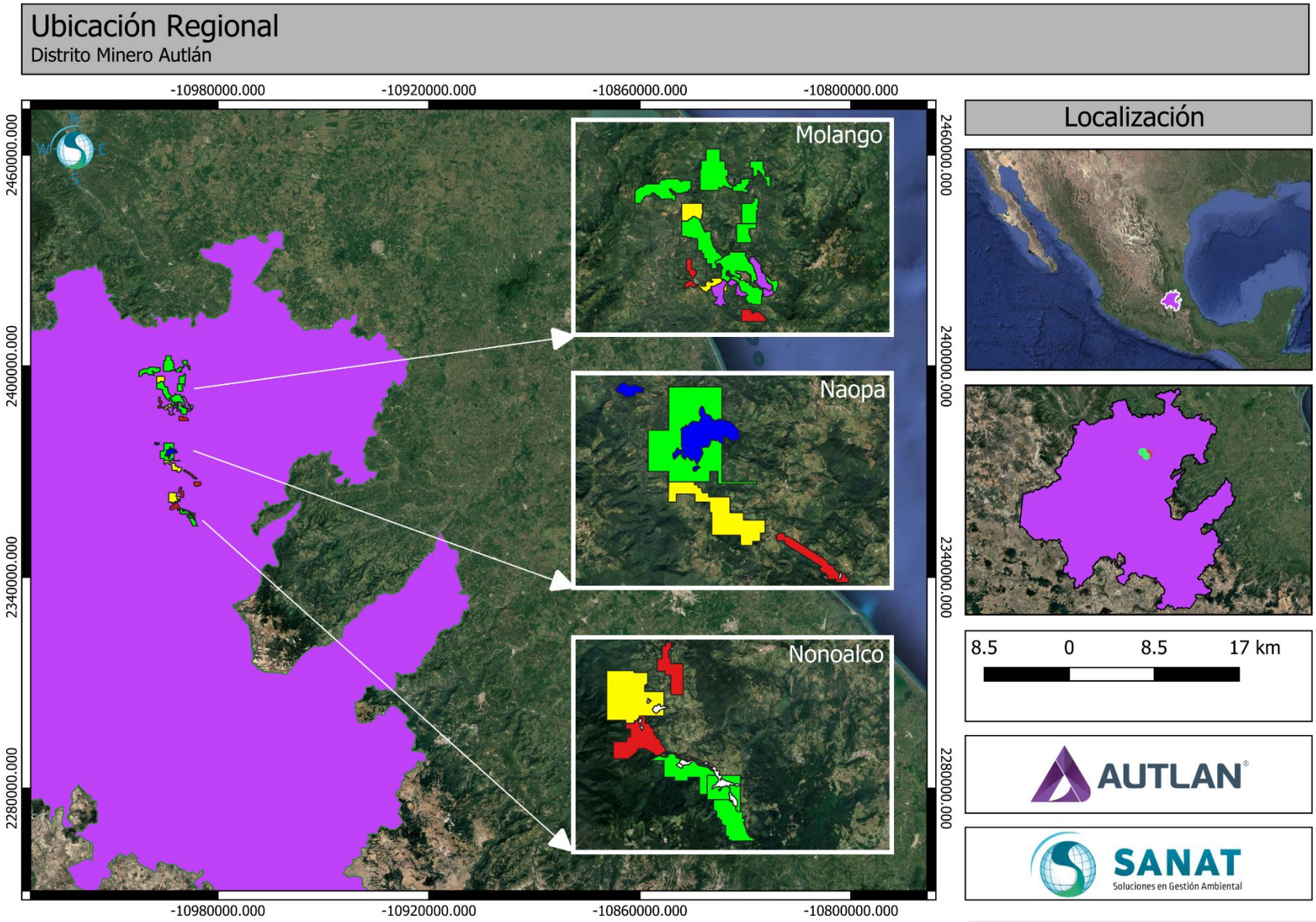



*Figura I. 3. Ubicación del Distrito Minero Autlán con respecto al estado de Hidalgo*

En la siguiente tabla se muestran las localidades que se encuentran próximas al proyecto **Distrito Minero Autlán**.

***Tabla I. 4. Localidades dentro del SAR próximas a las tres Unidades Mineras y a las Áreas de Interés de Exploración que conforman el Distrito Minero Autlán***

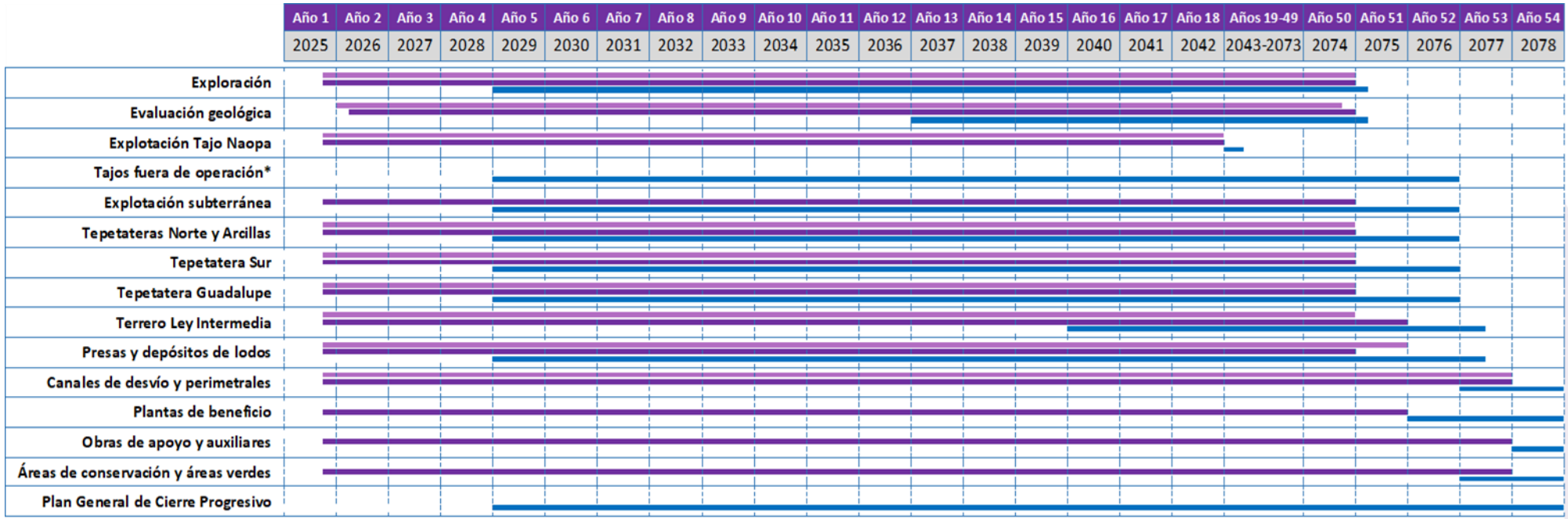
| Unidad Minera | Localidades | |
|---|---|---|
| **Localidades próximas a la Unidad Molango y sus AIE** | • Ixcuicuila | • La Florida |
| | • Cuxhuacan | • La Pimienta |
| | • Acayuca | • Texacal |
| | • Mina la 300 (Ixtapalapa) | • La Unión |
| | • Ixcatlán (San Pedro) | • Quimixtla |
| | • Xuchitlan | • Los Otates |
| | • Tlatzintla | • El Vergel |
| | • San Antonio | • Cuatitlanapa |
| | • Temacuil | • El Chalahuite |
| | • Xicalango | • Amecaco |
| | • Tetipanchalco | • La Pahua |
| | • Chicazapa (Pilancón) | • Xuchitlán |
| | • Comotla | • Ixtacuatla |
| | • Tetlapaya | • Chinconcoac |
| | • Tolago | • Santa Cruz Ayotetla |
| | • Mecapala | • Atoscalao |
| | • Crisolco | • Cuaxala |
| | • El Coyol | • Tlaltepingo |
| | • Huitznopala | • Zihuatego (Ohuesco) |
| | • Tequixco | • Las Puentes |
| | • Acatepec | • Aquixquitla |
| | • Mazahuacán | • Capultitlán |
| **Localidades próximas a la Unidad Naopa y sus AIE** | • Tecuaqueo | • Ixtlahuaco |
| | • El Plan (Barrio Nuevo) | • Chalma |
| | • Acatitla | • Antonio Apolonia Campoy |
| | • Acatla | • Tlazcozintla |
| | • Chayahual | • Tlaxcango |
| | • Acoyotla | • Tlamaxa |
| | • Tepetlapa | • Ocotlán |
| | • Tenango | • Santiago |
| | • Chicoyotla | • Lolotla |
| | • Nopayahuatl | • Xintla |
| | • Ixcotla | • Cohuaco |
| | • Cuacomol | • Tehuizco |
| | • Zacuala (Huixquilico) | • Pemuxtitla |
| **Localidades próximas a la Unidad Nonoalco y sus AIE** | • Jalamelco | • Barrio Nuevo |
| | • Acomulco | • Tenextitla |
| | • Temoaya (Los Pocitos) | • Xiatlán |
| | • Las Pilas (Agua Bendita) | • Chinameca |
| | • Xochicoatlán | • Coatitlamixtla |
| | • Tototla | • Coatlamayan |

### I.4.1. Duración de proyecto

El proyecto implica la continuidad operativa de las obras y actividades actualmente en operación, mientras que las obras nuevas o que serán ampliadas requerirán todas las etapas desde la preparación del sitio y construcción, por otra parte, la etapa de abandono será gradual proyectando el cierre conforme termine la vida útil de cada obra o área, y al final de la vida útil de la unidad minera se ejecutará el plan de cierre del restante de obras. Por lo anterior, es necesario contar con vigencia simultánea de 53 años para todas las etapas.

En la siguiente figura se vislumbra el programa de trabajo por obras apreciándose esta necesidad de simultaneidad de las etapas.

*Tabla I. 5. Programa de Trabajo*




* Tajos fuera de operación: Acuatitla, Comextetila, San Fernando, Los Naranjos, La Cueva y Tezintla. El cierre no será de manera simultánea en todos los tajos.

La construcción de tajos, tepetateras, terreros, presas y depósitos de lodos dura toda la etapa operativa porque crecen conforme al avance operativo.

# I.5. Datos generales del promovente

## I.5.1. Nombre o razón social

**Compañía Minera Autlán S.A.B de C.V.**

Escritura Pública número 2,938, de fecha 5 de octubre de 1953, otorgada ante la fe del Lic. Javier Correa Field, notario público número 95, del Distrito Federal, registrada en el Registro Público de la Propiedad y de Comercio de la ciudad de Monterrey, Nuevo León, con fecha 20 de diciembre de 1996, bajo la inscripción número 2619, volumen 428, Libro número 3 Segundo Auxiliar, Sección Comercio y cuya inscripción corresponde al Folio Mercantil Electrónico número 57921*9. **Anexo 1.1**

## I.5.2. Registro Federal de Contribuyentes del Regulado

[redacted] Ver **Anexo 1.1** RFC de la empresa

## I.5.3. Nombre y cargo del representante legal:

**Esteban de Jesús Cruz Ballesteros,**

Representante legal de **Compañía Minera Autlán S.A.B de C.V.**, con el poder notarial número (8,949) ocho mil novecientos cuarenta y nueve de fecha 4 de enero de 2022, dentro del libro 201 folio 40129, ante la fe del Licenciado Fernando Méndez Zorrilla en suplencia de funciones del licenciado Mauricio Jorge Méndez Vargas Notario Público titular de la Notaría Pública número 12 en el primer distrito notarial y registro en el estado de Nuevo León, con correo electrónico. **Anexo 1.2**

## I.5.4. Dirección del promovente o de su representante legal para recibir u oír notificaciones:

[redacted]

# I.6. Nombre del responsable técnico del estudio

## I.6.1. Nombre o razón social

SANAT Soluciones en Gestión Ambiental, S.A.S. de C.V.

## I.6.2. Registro Federal de Contribuyentes (RFC) o Clave Única de Registro de Población (CURP)

El RFC de SANAT Soluciones en Gestión Ambiental es [redacted]

## I.6.3. Nombre del responsable técnico del estudio

**Coordinación General:** Socios Directores de SANAT Soluciones en Gestión Ambiental

- Ing. Juana Carmen Flores González
  RFC: [redacted]
  Cédula profesional 3488532

Hidrobiólogo Francisco García de la Rosa
RFC: [redacted]
Cédula profesional 1465746

**Especialistas temáticos**

- [redacted]
- [redacted]
- [redacted]
- [redacted]
- [redacted]
- [redacted]
- [redacted]

**Profesionistas participantes en actividades de campo y gabinete Capítulo IV**

- [redacted]
- [redacted].

- [redacted]
- [redacted]
- [redacted]
- [redacted]

### I.6.4. Dirección del responsable técnico del estudio

[redacted]

En el **Anexo 1.3** se incluyen los documentos antes mencionados.

### I.6.5. Escrito bajo protesta de decir verdad

En el **Anexo 1.4** se incluye la declaración bajo protesta de decir verdad.

## I.7. Acuerdos voluntarios y compromisos ambientales - sociales

➢ **CONAFOR**

**Compañía Minera Autlán S.A.B de C.V.,** se ha sumado a distintos programas de manera voluntaria, específicamente al Esquema de Mecanismos Locales de Pago por Servicios Ambientales a través de Fondos Concurrentes, que tiene como objetivo, contribuir a la conservación y protección de los recursos forestales por los servicios ambientales que proveen, promoviendo la participación de instituciones de los tres niveles de gobierno, organizaciones del sector privado o la sociedad civil y, en general de cualquier persona, física o moral, a través de aportaciones de recursos financieros que éstos realicen, para el otorgamiento de pagos por la implementación de acciones y, en su caso, para el apoyo de asistencia técnica, a los proveedores de servicios ambientales, con el propósito de asegurar y/o mejorar la provisión de servicios ambientales.

**Compañía Minera Autlán S.A.B de C.V.,** ha participado de manera voluntaria en el programa por seis años consecutivos, aportando $10,105,785 pesos en total.

*Tabla I. 6. Convenios CONAFOR*

| 2019 - 2021 | | 2022 - 2025 | |
|---|---|---|---|
| **SUPERFICIE** | 2,584.55 ha | **SUPERFICIE** | 2,071.22 ha |
| **MONTO CONAFOR** | $3,896,652.00 | **MONTO CONAFOR** | $3,135,381.00 |
| **MONTO MINERA AUTLAN** | $4,825,785.03 | **MONTO MINERA AUTLAN** | $5,280,000.00 |
| **TOTAL** | $8,722,437.03 | **TOTAL** | $8,415,381.00 |

Dentro de estos seis años de convenio se han realizado las siguientes actividades:

- Se integró, capacitó y equipó la brigada comunitaria para el combate de incendios forestales y vigilancia
- Se colocaron anuncios alusivos referente al programa forestal
- Se reforestó con especies nativas de los bosques mesófilos de montaña
- Se desarrollaron enotecnias

Asimismo, se desarrollaron los siguientes proyectos Regionales

- Construcción y equipamiento del Centro Interactivo de la Sustentabilidad de la Sierra Alta Hidalguense
- Captura de carbono forestal. Ejido Zacualtipán, Ejido Malila y Ejido Atopixco

➢ **CONAGUA**

Por otra parte; se cuenta con propuesta de Convenio de Cesión Temporal de Derechos de agua que, en el marco del acuerdo nacional por el derecho humano al agua estarán celebrando Compañía Minera Autlán y la CONAGUA; para que, Compañía Minera Autlán ceda de manera temporal y gratuita en favor de La CONAGUA para los fines que esta determine, los volúmenes de agua nacionales conforme lo siguiente:

*Tabla I. 7. Volumen de agua a ceder*

| No. | Título de Concesión | Uso | Volumen a ceder $m^3$/año | Plazo |
|---|---|---|---|---|
| 1 | 09HGO101151/26ISDL16 | Industrial | 84,000.00 | 5 años 2 días |
| 2 | 09HGO155000/26IDDL16 | Industrial | 21,500.00 | 5 años 2 días |
| 3 | 09VER102530/26FFDA16 | Industrial | 50,000.00 | 5 años 2 días |

➢ **CONVENIO PARA EL DESARROLLO SOSTENIBLE DE LAS COMUNIDADES**

El 06 de marzo de 2023 se celebró el convenio marco de colaboración y coordinación para el desarrollo sostenible de las comunidades del área de influencia del distrito minero de Molango, estado de Hidalgo, que suscriben por una parte el Estado Libre y Soberano de Hidalgo, representado en este acto por el gobernador constitucional del estado, asistido por los secretarios de gobierno, de desarrollo agropecuario, y de desarrollo económico y por la otra parte, la Compañía Minera Autlán, S.A.B. de C.V., en lo sucesivo "AUTLÁN", representada por su Director General y representante legal, asistido por el director de minería, y la gerente corporativo de sustentabilidad, en lo sucesivo "LAS PARTES" quienes sujetan el presente acuerdo de conformidad con los antecedentes, declaraciones y cláusulas

A continuación, se citarán partes importantes del convenio:

**Antecedentes**

**CUARTO**. "AUTLÁN" es una empresa 100% mexicana, sus operaciones en el estado de Hidalgo iniciaron en la década de 1960, actualmente tiene tres unidades mineras activas, Molango, Naopa y Nonoalco ubicadas en la Sierra Alta de Hidalgo.

**QUINTO.** "AUTLÁN" aporta suficiencia de manganeso para la producción de ferroaleaciones, insumo estratégico para la industria acerera nacional, dando certidumbre y competitividad a este sector.

a. "AUTLÁN" genera en el estado de Hidalgo 1,017 empleos directos y 2,333 indirectos, el 90% del personal proviene de las comunidades vecinas pertenecientes a los municipios de Molango, Lolotla, Tlanchinol, Tepehuacán de Guerrero y Xochicoatlán.

b. En lo ambiental, Autlán cumple con todos los términos y condicionantes requeridos por la autoridad para la correcta ejecución de la actividad productiva, cuenta con la certificación en ISO 140001 Sistema de Gestión Ambiental en sus tres Unidades Mineras, los procesos de mejora continua han permitido exceder las responsabilidades regulatorias, tal es el caso de la instalación de 2 viveros que tienen como objetivo la producción anual de más de 100,000 plantas, reciclar en promedio el 66% del agua utilizada en el proceso, la operación de 5 plantas de tratamiento de agua únicas en la zona, impulsar una sólida estrategia de cambio climático, reciclar el 96% de los residuos de manejo especial además de ser el más grande patrocinador en México del Programa de Pagos de Servicios Ambientales en su modalidad de

Pagos Concurrentes, impulsado por la Comisión Nacional Forestal, que ha permitido coadyuvar en la preservación de más de 2,500 hectáreas de Bosque Mesófilo de Montaña.

c. En los últimos 6 años, "AUTLÁN" ha invertido 103 millones de pesos en diversos programas sociales en su área de influencia, así como ha realizado una inversión de 84 millones de pesos en años recientes para infraestructura carretera, todo lo anterior a favor de las 48 comunidades que integran su área de influencia, clasificadas como núcleo (5), directas (14) e indirectas (29)

**SÉPTIMO**. "AUTLÁN" diseña y ejecuta sus programas sociales alineados a la Agenda 2030 sobre el Desarrollo Sostenible, promoviendo la consecución de los "ODS", uno de estos programas es la Plataforma de Inversión Social, que aporta anualmente la cantidad de 100 mil pesos en especie a de cada una de las 48 comunidades de su área de influencia, el programa cuenta con reglas de operación que promueven la participación comunitaria, decisiones consensadas, asambleas públicas y voluntarias para el diseño y ejecución de proyectos sociales, la inversión anual de este programa representa un monto de 4.8 millones de pesos anuales.

**Clausulas**

**PRIMERA. – OBJETO:** El presente instrumento jurídico, tiene por objeto establecer las bases de coordinación y cooperación entre "LAS PARTES", a fin de proporcionar acompañamiento a las comunidades que conforman el área de influencia del Distrito Minero de Molango para recibir y en su caso ampliar los beneficios que a su favor entrega "AUTLÁN" para la promoción del desarrollo sostenible, mediante la planeación, promoción, evaluación, aprobación y ejecución de programas y proyectos sociales, para la consecución de los "ODS", objetivos que tienen como estrategia promover el desarrollo sostenible, a favor de las comunidades que conforman el área de influencia del Distrito Minero de Molango.

**CUARTA**. – FONDO DE INVERSIÓN PARA LA AGENDA 2030; Por medio del presente convenio, "AUTLÁN" constituirá un fondo de inversión social través del "FONDO DE INVERSIÓN PARA LA AGENDA 2030", en lo sucesivo "FIA2030", estableciendo inicialmente un monto de aportación anual de $14'400,000.00 (catorce millones cuatrocientos mil pesos 00/100 en moneda nacional), monto que durante cada ejercicio fiscal se aportará en su totalidad a favor de "LAS 48 CZI" mediante apoyos en especie, mismo que puede considerar de manera enunciativa más no limitativa la adquisición de materiales, equipo, proyectos técnicos, estudios de factibilidad, capacitaciones a través de terceros distintos a "AUTLÁN".

En el **Anexo 1.5** Se incluyen los convenios firmados con CONAFOR en los años 2019 y en 2022, con los reportes de las actividades; así mismo se incluye la propuesta de convenio para la Cesión Temporal de Derechos de Agua y el Convenio para el Desarrollo Sostenible de las Comunidades.

En el cuerpo del Capítulo II de esta MIA-R se abundará sobre los programas sociales

MIA

Manifestación de Impacto Ambiental Modalidad Regional

AUTLAN®

# Capítulo II.

## Descripción de las obras o actividades y, en su caso, de los programas o planes parciales de desarrollo

SANAT

Soluciones en Gestión Ambiental



Distrito Minero AUTLÁN

# ÍNDICE GENERAL

II. Descripción de las obras o actividades y, en su caso, de los programas o planes parciales de desarrollo ..... 1
II.1. Información general del proyecto, plan o programa ..... 1
II.1.1. Antecedentes ..... 1
II.1.2. Naturaleza del proyecto, plan o programa ..... 8
II.1.3. Justificación. ..... 10
II.1.3.1. Justificación Técnica ..... 13
II.1.3.2. Justificación Económica ..... 18
II.1.4. Ubicación Física y dimensiones del proyecto ..... 19
II.1.5. Inversión requerida ..... 29
II.2. Características particulares del proyecto, plan o programa ..... 29
II.2.1. Programa de trabajo ..... 30
II.2.2. Descripción de Obras ..... 33
II.2.2.1. Análisis de Superficies ..... 59
II.2.2.2. Unidad Molango ..... 63
II.2.2.2.1. Zona Comextetitla ..... 65
II.2.2.2.2. Zona Acuatitla ..... 73
II.2.2.2.3. Zonas Ayotetla y Coyoles ..... 77
II.2.2.2.4. Zonas Otongo y Crisolco ..... 100
II.2.2.3. Unidad Naopa ..... 109
II.2.2.4. Unidad Nonoalco ..... 134
II.2.2.5. Áreas de Interés de Exploración ..... 174
II.2.3. Preparación del sitio y construcción ..... 189
II.2.3.1. Tepetatera Guadalupe (Norte II) ..... 190
II.2.3.1.1. Trazo y nivelación ..... 197
II.2.3.1.2. Manejo de vegetación y fauna ..... 197
II.2.3.1.3. Desmonte y Despalme ..... 197
II.2.3.1.4. Excavación ..... 197
II.2.3.1.5. Bordo iniciador ..... 198
II.2.3.1.6. Obras hidráulicas ..... 199
II.2.3.1.7. Construcción de obras hidráulicas ..... 199
II.2.3.1.8. Instrumentación ..... 202
II.2.3.2. Desarrollo de Tepetateras operativas ..... 207
II.2.3.3. Exploración Naopa NW (Noru) y San Antonio ..... 208
II.2.3.4. Resumen de Usos de Suelo y Vegetación de Obras nuevas ..... 209
II.2.4. Operación y mantenimiento ..... 210
II.2.4.1. Minado subterráneo – Unidad Molango ..... 210
II.2.4.1.1. Barrenación ..... 211

II.2.4.1.2. Voladura ..... 213
II.2.4.1.3. Ventilación ..... 213
II.2.4.1.4. Amacice ..... 214
II.2.4.1.5. Rezagado ..... 214
II.2.4.1.6. Anclaje ..... 214
II.2.4.1.7. Servicios ..... 214
II.2.4.1.8. Relleno ..... 214
II.2.4.1.9. Acarreo ..... 217
II.2.4.2. Explotación a cielo abierto ..... 218
II.2.4.2.1. Descapote ..... 220
II.2.4.2.2. Voladuras ..... 220
II.2.4.3. Exploración ..... 222
II.2.4.3.1. Barrenación en interior de mina ..... 222
II.2.4.3.2. Barrenación en superficie ..... 224
II.2.4.4. Evaluación Geológica ..... 224
II.2.4.5. Trituración ..... 226
II.2.4.6. Preconcentración y selección ..... 228
II.2.4.7. Nodulización ..... 229
II.2.4.8. Colector de polvo (Casa de Sacos) ..... 230
II.2.4.9. Depósito de tepetate ..... 231
II.2.4.10. Producción de Manganeso grado batería, cerámico y alimenticio ..... 234
II.2.4.10.1. Planta Concentradora ..... 234
II.2.4.10.2. Planta de Secado, Molido y Envasado ..... 238
II.2.4.10.3. Planta de Óxido Manganoso ..... 241
II.2.4.11. Filtración de jales ..... 246
II.2.4.12. Depósito de jales ..... 247
II.2.4.13. Reprocesamiento de jales ..... 248
II.2.4.13.1. Mesas concentradoras ..... 250
II.2.4.13.1. Planta de Espirales ..... 253
II.2.4.14. Separación de grasas y aceites ..... 254
II.2.4.15. Tratamiento de aguas residuales ..... 254
II.2.4.16. Mantenimiento de caminos ..... 255
II.2.4.17. Reforestación ..... 255
II.2.4.18. Monitoreo de la calidad del agua ..... 257
II.2.5. Desmantelamiento y abandono de las instalaciones ..... 259
II.2.6. Residuos ..... 260
II.2.6.1. Residuos peligrosos ..... 260
II.2.6.2. Residuos mineros ..... 263
II.2.6.2.1. Tepetate ..... 263

II.2.6.2.2. Jales ..... 263
II.2.6.2.1. Polvos ..... 271
II.2.6.3. Residuos de manejo especial ..... 272
II.2.7. Generación de gases efecto invernadero ..... 274
II.2.8. Energía disipada por las operaciones del proyecto ..... 274
II.2.8.1. Distribución de la Energía Disipada ..... 276
II.3. Cumplimiento de Términos y Condicionantes ..... 277

# ÍNDICE DE TABLAS

Tabla II.1. Autorizaciones Ambientales ..... 4
Tabla II.2. Concesiones Mineras de explotación del proyecto DMA ..... 7
Tabla II.3. Comunidades en el área de influencia de Naopa ..... 11
Tabla II.4. Beneficios de los programas sociales que desarrolla la Compañía Minera Autlán ..... 12
Tabla II.5. Programas del Plan de Manejo Ambiental que desarrolla la Compañía Minera Autlán en las unidades mineras del DMA ..... 15
Tabla II.6. Programa de Trabajo del Proyecto DMA ..... 32
Tabla II.7. Parámetros de temporalidad del Proyecto Distrito Minero Autlán ..... 33
Tabla II.8. Concentrado de áreas y obras del Proyecto Distrito Minero Autlán por unidad minera ..... 35
Tabla II. 9 Coordenadas de los polígonos de agrupación de la Unidad Minera Molango ..... 39
Tabla II. 10. Coordenadas de los polígonos de agrupación de la Unidad Minera Naopa ..... 42
Tabla II. 11. Coordenadas de los polígonos de agrupación de la Unidad Minera Nonoalco ..... 48
Tabla II.12. Áreas de Interés de Exploración ..... 59
Tabla II.13. Análisis de superficies de las Áreas de Interés de Exploración ..... 61
Tabla II.14. Concentrado de superficies de las Áreas de Interés de Exploración ..... 62
Tabla II.15. Distribución de las superficies del proyecto DMA por ..... 62
Tabla II.16. Análisis de superficies del Proyecto Distrito Minero Autlán por su estatus de regulación ..... 62
Tabla II.17. Tajos antiguos de la Unidad Molango ..... 67
Tabla II.18. Vaciaderos de la Unidad Molango ..... 68
Tabla II.19. Accesos a mina subterránea - Unidad Molango ..... 69
Tabla II.20. Superficie y localización de Robbins de la Unidad Molango ..... 69
Tabla II.21. Áreas verdes – Zona Acuatitla - Unidad Molango ..... 77
Tabla II.22. Áreas de las Zonas Ayotetla y Coyoles - Unidad Molango ..... 77
Tabla II.23. Cantidad de gas natural autorizada ..... 86
Tabla II.24. Volumen de agua concesionado ..... 86
Tabla II.25. Áreas verdes – Zona Ayotetla - Unidad Molango ..... 90
Tabla II.26. Coordenadas UTM y secciones de los socavones y accesos de la mina subterránea de la Unidad Molango ..... 91
Tabla II.27. Plan de explotación de la mina subterránea de la Unidad Molango ..... 95
Tabla II.28. Áreas verdes – Zona Coyoles de la Unidad Molango ..... 99
Tabla II.29. Áreas de Evaluación Geológica – Zona Otongo y Crisolco de la Unidad Molango ..... 102
Tabla II. 30. Propuesta de Ubicación del Relleno Sanitario ..... 104
Tabla II. 31 Usos de Suelo y Vegetación en donde se propone ubicar el Relleno Sanitario ..... 104
Tabla II.32. Áreas verdes – Zona Otongo y Crisolco de la Unidad Molango ..... 108
Tabla II.33. Producción del Tajo Naopa 2016-2024 ..... 111
Tabla II.34. Plan de producción Tajo Naopa ..... 111
Tabla II.35. Tepetateras – Unidad Naopa ..... 114
Tabla II.36. Resultados del análisis del tepetate ..... 114
Tabla II.37. Parámetros de diseño de la Tepetatera Guadalupe – Unidad Naopa ..... 115
Tabla II.38. Parámetros de diseño de la Tepetatera Expansión Sur – Unidad Naopa ..... 117

Tabla II.39. Especificaciones de la PTAR de la Unidad Naopa ..... 126
Tabla II.40. Áreas verdes –Unidad Naopa ..... 130
Tabla II. 41. Coordenadas de las áreas verdes nuevas ..... 130
Tabla II.43. Fuentes fijas de emisiones de la planta de beneficio - Unidad Nonoalco ..... 140
Tabla II.44. Especificaciones de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales de la Unidad Nonoalco ..... 141
Tabla II.45. Tanques de combustible – Unidad Nonoalco ..... 143
Tabla II.46. Depósitos de lodo – Unidad Nonoalco ..... 147
Tabla II.47. Superficie de la red de caminos y accesos de la Unidad Nonoalco ..... 165
Tabla II.48. Áreas verdes – Unidad Nonoalco ..... 173
Tabla II.49. Áreas de Evaluación Geológica –Unidad Nonoalco ..... 173
Tabla II.50. Áreas de Interés de Exploración ..... 175
Tabla II.51. Concesiones Mineras de exploración del proyecto DM ..... 177
Tabla II. 52. Usos de Suelo y Vegetación en donde se proponen realizar las obras de exploración San Antonio ..... 182
Tabla II. 53. Usos de Suelo y Vegetación en donde se proponen realizar las obras de exploración de Naopa NW (Noru) ..... 184
Tabla II. 54 Coordenadas de ubicación de la Tepetatera Guadalupe o Norte II ..... 190
Tabla II. 55. Usos de Suelo y Vegetación en donde se propone ubicar la Tepetatera Guadalupe ..... 193
Tabla II.56. Características geométricas de la Tepetatera Guadalupe – Unidad Naopa ..... 194
Tabla II.57. Características generales de la Tepetatera Norte II y el bordo iniciador ..... 194
Tabla II.58. Cantidades de conceptos y materiales de las obras hidráulicas de la Tepetatera Guadalupe – Unidad Naopa ..... 199
Tabla II.59. Coordenadas de las referencias superficiales de la Tepetatera Guadalupe – Unidad Naopa ..... 204
Tabla II.60. Coordenadas de las inclinómetros de la Tepetatera Guadalupe – Unidad Naopa ..... 205
Tabla II.61. Coordenadas de los pozos de observación de la Tepetatera Guadalupe – Unidad Naopa ..... 206
Tabla II.62. Coordenadas de los piezómetros de la Tepetatera Guadalupe – Unidad Naopa ..... 207
Tabla II. 63. Resumen de Uso de Suelo y Vegetación que se verá afectado por la construcción de obras nuevas ..... 209
Tabla II.64. Volumen anual de tepetate requerido para el relleno de la mina subterránea de la Unidad Molango ..... 215
Tabla II.65. Áreas de Evaluación Geológica por unidad ..... 225
Tabla II.66. Tepetateras del Proyecto DMA ..... 232
Tabla II.67. Capacidad instalada de la Planta de Beneficio de la Unidad Nonoalco ..... 234
Tabla II.68. Depósitos de lodo en operación – Unidad Nonoalco ..... 249
Tabla II.69. Plantas de tratamiento de aguas residuales del proyecto ..... 254
Tabla II.70. Actividades de mantenimiento de caminos ..... 255
Tabla II.71. Número de árboles plantados en el período 1995-2024 ..... 255
Tabla II.72. Áreas de reforestación en la Unidad Naopa ..... 257
Tabla II.73. Sitios de monitoreo de calidad del agua en la Unidad Molango ..... 258
Tabla II.74. Sitios de monitoreo de calidad del agua en la Unidad Nonoalco ..... 258
Tabla II.75. Sitios de monitoreo de calidad del agua en la Unidad Naopa ..... 258
Tabla II.76. Parámetros y frecuencia de muestreo del monitoreo de calidad del agua ..... 259
Tabla II.77. Residuos peligrosos generados en la Unidad Nonoalco ..... 260
Tabla II.78. Residuos peligrosos generados en la Unidad Molango ..... 261

Tabla II. 79. Residuos peligrosos generados en la Unidad Naopa ..... 262
Tabla II.80. Medidas para la minimización de la generación de residuos peligrosos ..... 262
Tabla II.81. Destino de los residuos peligrosos ..... 262
Tabla II.82. Tipo de residuos mineros generados ..... 263
Tabla II.83. Sitios de muestreo de jales – Depósito de Lodos Cajón II ..... 265
Tabla II.84. Resultados de análisis de jales del depósito Cajón II ..... 266
Tabla II.85. Sitios de muestreo de jales – Depósito de Lodos Panteón ..... 266
Tabla II.86. Resultados de análisis de jales del depósito Panteón ..... 266
Tabla II.87. Sitios de muestreo de jales – Depósito de Lodos Los Patos ..... 267
Tabla II.88. Sitios de muestreo de jales – Depósito de Lodos Block 3 ..... 267
Tabla II.89. Resultados de análisis de jales del depósito Block 3 ..... 268
Tabla II.90. Resultados de análisis de Jales Nuevos Tanque Asentador M-1 ..... 268
Tabla II.91. Resultados de análisis de Jales Nuevos Tanque Asentador M-2 ..... 269
Tabla II.92. Producción anual de jales – Unidad Nonoalco ..... 270
Tabla II.93. Contribución de los jales en la producción de óxidos de manganeso – Unidad Nonoalco ..... 270
Tabla II.94. Volúmenes de los depósitos de jales existentes - Unidad Nonoalco ..... 271
Tabla II.95. Tipo de residuos de manejo especial generados en la Unidad Naopa ..... 272
Tabla II. 96. Volúmenes de generación de residuos de manejo especial Unidad Molango ..... 273
Tabla II.97. Volúmenes de generación de residuos de manejo especial Unidad Naopa ..... 273
Tabla II. 98. Volúmenes de generación de residuos de manejo especial Unidad Nonoalco ..... 273
Tabla II.99.Emisiones de gases de efecto invernadero ..... 274
Tabla II.100. Operaciones que disipan energía ..... 275
Tabla II.101. Maquinaria y equipo empleado en las operaciones ..... 275
Tabla II.102. Distribución de la energía disipada en las operaciones ..... 276
Tabla II.103. Distribución del estatus de cumplimiento por tipo de disposición ..... 277

# ÍNDICE DE FIGURAS

Figura II.1. Plano Regional del Distrito Manganesífero Molango ..... 2
Figura II.2. Análisis de áreas de acuerdo con su naturaleza ..... 9
Figura II.3. Programas sociales de Compañía Minera Autlán en la región ..... 11
Figura II.4. Valores de producción del minado en Tajo Naopa y la mina subterránea de Molango ..... 14
Figura II.5. Empleos en la industria Minero-Metalúrgica 2015-2023 ..... 18
Figura II.6. Localización del proyecto, municipios de incidencia ..... 19
Figura II.7. Localización del Distrito Minero Molango ..... 20
Figura II.8. Distrito Minero Molango ..... 21
Figura II.9. Unidades mineras de Compañía Minera Autlán ..... 22
Figura II.10. Zona Mineralizada Naopa ..... 23
Figura II.11. Localización del Proyecto Distrito Minero Autlán y las tres unidades de Compañía Minera Autlán ..... 24
Figura II.12. Localización de la Unidad Molango ..... 25
Figura II.13. Localización de la Unidad Naopa ..... 26
Figura II.14. Localización de la Unidad Nonoalco ..... 27
Figura II.15. Polígonos de Interés de Exploración ..... 28
Figura II.16. Polígonos de agrupación del proyecto Distrito Minero Autlán ..... 34
Figura II.17. Polígonos de las Áreas de Interés de Exploración ..... 58
Figura II.18. Clasificación de áreas del proyecto por su estatus de regulación ..... 60
Figura II.19. Polígonos de agrupación - Unidad Molango ..... 64
Figura II.20. Zona Comextetitla (Polígono de Agrupación 1) – Unidad Molango ..... 66
Figura II.21. Modelo de Proyección de Contrapozo Robbin ..... 70
Figura II.22. Base para Robbins ..... 71
Figura II.23. Protecciones de Robbins ..... 72
Figura II.24. Zona Acuatitla (Polígono de Agrupación 2) – Unidad Molango ..... 74
Figura II.25. Zonas Ayotetla y Coyoles (Polígonos de Agrupación 3 – Unidad Molango ..... 79
Figura II.26. Equipamiento del área de la Planta de Beneficio – Unidad Molango ..... 84
Figura II.27. Estación de recepción de gas natural ..... 85
Figura II.28. Ubicación de la casa de fuerza ..... 87
Figura II.29. Levantamiento topográfico de la casa de fuerza ..... 88
Figura II.30. Mina subterránea – Unidad Molango ..... 91
Figura II.31. Túnel Coyoles – Unidad Molango ..... 92
Figura II.32. Desarrollo y cotas de la mina subterránea, sección longitudinal área Tetzintla Fco. NE – Unidad Molango ..... 93
Figura II.33. Desarrollo y cotas de la mina subterránea, sección longitudinal área Comextitla – Unidad Molango ..... 94
Figura II.34. Desarrollo y cotas de la mina subterránea, sección longitudinal área Tetzintla, Acuatitla y Tetlaxco 600 – Unidad Molango ..... 95
Figura II.35. Localización del Polvorín Tetzintla 600 – Unidad Molango ..... 96
Figura II.36. Localización del Polvorín Tampoch – Unidad Molango ..... 97
Figura II.37. Detalles constructivos del Polvorín Tampoch (ANFO) – Unidad Molango ..... 98

Figura II.38. Detalles constructivos del Polvorín Tampoch (Iniciadores) – Unidad Molango ..... 99
Figura II.39. Zonas Otongo y Crisolco (Polígono de Agrupación 4) – Unidad Molango ..... 101
Figura II. 40. Tipo de Uso de Suelo y Vegetación en donde se pretende ubicar el Relleno sanitario ..... 104
Figura II.41. Zona Habitacional (Área 4.12) - Unidad Molango ..... 106
Figura II.42. Planta de Tratamiento de Agua de la Zona Habitacional - Unidad Molango ..... 107
Figura II.43. Planta de Tratamiento de Agua de la Unidad Molango ..... 107
Figura II.44. Unidad Naopa – Polígono de Agrupación 5 ..... 110
Figura II.45. Esquema de los parámetros de diseño del tajo ..... 112
Figura II.46. Planta del Tajo Naopa ..... 113
Figura II.47. Perfil del Tajo Naopa ..... 113
Figura II.48. Proyección de las obras y niveles de desarrollo de la Tepetatera Guadalupe – Unidad Naopa ..... 117
Figura II.49. Modelo de desarrollo de la Tepetatera Expansión Sur – Unidad Naopa ..... 118
Figura II.50. Sección Tepetatera Expansión Sur – Unidad Naopa ..... 118
Figura II.51. Depósito de material de corte – Unidad Naopa ..... 119
Figura II.52. Taller de mantenimiento Diésel – Unidad Naopa ..... 120
Figura II.53. Almacén Temporal de Residuos Peligrosos – Unidad Naopa ..... 121
Figura II.54. Almacenes – Unidad Naopa ..... 123
Figura II.55. Estación de suministro de combustible – Unidad Naopa ..... 123
Figura II.56. Centro de Educación Ambiental y Vivero – Unidad Naopa ..... 125
Figura II.57 Cisterna de agua – Unidad Naopa ..... 125
Figura II.58. PTAR de la Unidad Naopa ..... 127
Figura II.59. Almacén de núcleos - Unidad Naopa ..... 128
Figura II.60. Polvorines - Unidad Naopa ..... 129
Figura II.62. Áreas del Polígono de Agrupación 6 - Unidad Nonoalco ..... 136
Figura II.63. Simbología del Polígono de Agrupación 6 - Unidad Nonoalco ..... 137
Figura II.64. Lagunas de retención PTAR Unidad Nonoalco ..... 142
Figura II.65. Diagrama de funcionamiento PTAR en lagunas de retención - Unidad Nonoalco ..... 142
Figura II.66. Tanques de combustible – Unidad Nonoalco ..... 143
Figura II.67. Almacén de residuos peligrosos – Unidad Nonoalco ..... 146
Figura II.68. Depósito de Lodos Norte de Alumbres-1 (Área 6.2) – Unidad Nonoalco ..... 149
Figura II.69. Depósito de Lodos Norte de Alumbres-2 (Área 6.3) - Unidad Nonoalco ..... 150
Figura II.70. Depósito de Lodos Buenavista (Área 6.4) - Unidad Nonoalco ..... 151
Figura II.71. Depósito de Lodos Cajón II (Área 6.4) - Unidad Nonoalco ..... 152
Figura II.72. Depósito de Lodos Block 3 (Área 6.6) - Unidad Nonoalco ..... 153
Figura II.73. Depósito de Lodos Stock-7 I (Área 6.7) - Unidad Nonoalco ..... 154
Figura II.74. Depósito de Lodos Cerro Prieto Norte I (Área 6.8) - Unidad Nonoalco ..... 155
Figura II.75. Depósito de Lodos Cerro Prieto Norte II (Área 6.8) - Unidad Nonoalco ..... 156
Figura II.76. Depósito de Lodos Cerro Prieto IV (Área 6.8) - Unidad Nonoalco ..... 157
Figura II.77. Depósito de Lodos Cerro Prieto Sur (Área 6.8) - Unidad Nonoalco ..... 158

Figura II.78. Depósito de Lodos Los Pato (Área 6.9) - Unidad Nonoalco ..... 159
Figura II.79. Depósito de Lodos No1 y No. 2 (Área 6.10) - Unidad Nonoalco ..... 160
Figura II.80. Depósito de Lodos No. 3 (Área 6.10) - Unidad Nonoalco ..... 161
Figura II.81. Depósito de Lodos Regulación (Área 6.10) - Unidad Nonoalco ..... 162
Figura II.82. Depósito de Lodos No. 4 (Área 6.12) - Unidad Nonoalco ..... 163
Figura II.83. Depósito de Lodos Panteón (Área 6.15) - Unidad Nonoalco ..... 164
Figura II.84. Nave de mesas concentradoras - Unidad Nonoalco ..... 167
Figura II.85. Mesas concentradoras - Unidad Nonoalco ..... 168
Figura II.86. Tanques de agua - Unidad Nonoalco ..... 170
Figura II.87. Laboratorio de pruebas metalúrgicas – Unidad Nonoalco ..... 171
Figura II.88. Filtro prensa – Unidad Nonoalco ..... 172
Figura II.89. Polígonos de Exploración ..... 176
Figura II.90. Concesiones mineras de Exploración ..... 181
Figura II.91. Proyecto de exploración San Antonio ..... 182
Figura II. 92. Tipo de Uso de Suelo y Vegetación en donde se proponen realizar las obras de exploración San Antonio ..... 183
Figura II.93. Proyecto de exploración Naopa NW (Noru) ..... 184
Figura II. 94. Tipo de Uso de Suelo y Vegetación en donde se proponen realizar las obras de exploración San Antonio ..... 188
Figura II.95. Condiciones actuales del área de exploración Naopa NW (Noru) ..... 189
Figura II. 96. Tipo de Uso de Suelo y Vegetación en donde se pretende ubicar la Tepetatera Guadalupe ..... 193
Figura II.97. Sección principal de la Tepetatera Guadalupe (o Tepetatera Norte II) ..... 194
Figura II.98. Corte longitudinal del modelo geométrico del bordo iniciador ..... 195
Figura II.99. Obras hidráulicas propuestas en la Tepetatera Norte II ..... 196
Figura II.100. Métodos de conformación de una tepetatera ..... 198
Figura II.101. Localización del Canal Superior para el desalojo de aguas pluviales – Tepetatera Guadalupe – Unidad Naopa ..... 200
Figura II.102. Canales de las Etapas 3 y 9 de la Tepetatera Guadalupe – Unidad Naopa ..... 201
Figura II.103. Drenajes de enrocamiento de la Tepetatera Guadalupe – Unidad Naopa ..... 202
Figura II.104. Localización de testigos de concreto de la Tepetatera Guadalupe – Unidad Naopa ..... 203
Figura II.105. Localización de inclinómetros de la Tepetatera Guadalupe – Unidad Naopa ..... 205
Figura II.106. Localización de pozos de observación de la Tepetatera Guadalupe – Unidad Naopa ..... 206
Figura II.107. Localización de piezómetros de la Tepetatera Guadalupe – Unidad Naopa ..... 207
Figura II. 108. Superficie de Cambio de Uso de Suelo en Terrenos Forestales solicitada para la tepetatera Guadalupe ..... 209
Figura II.109. Obras del minado subterráneo – Unidad Molango ..... 211
Figura II.110. Perforación horizontal en el minado subterráneo – Unidad Molango ..... 212
Figura II.111. Perfil de los cortes en el minado subterráneo – Unidad Molango ..... 213
Figura II.112. Perfil de la carga de explosivo en el minado subterráneo – Unidad Molango ..... 213
Figura II.113. Amacice en el minado subterráneo – Unidad Molango ..... 214
Figura II.114. Ciclo de explotación - minado subterráneo (corte y relleno) ..... 215
Figura II.115. Esquema del minado subterráneo por block caving ..... 216
Figura II.116. Acarreo de mineral - minado subterráneo ..... 217

Figura II.117. Rampa de acarreo – Tajo Naopa ..... 218
Figura II.118. Ciclo de operación de la mina a cielo abierto – Unidad Naopa ..... 219
Figura II.119. Esquema del cargado de barrenos en material estéril y mineral ..... 221
Figura II.120. Esquema del cargado de barrenos en material estéril y mineral ..... 222
Figura II.121. Dimensiones de planillas de barrenación en interior de mina ..... 223
Figura II.122. Distribución de equipo en la planilla de barrenación al interior de mina ..... 224
Figura II.123. Equipamiento de trituración - Unidad Molango ..... 228
Figura II.124. Seleccionador Stainert - Unidad Molango ..... 228
Figura II.125. Galerón de crudos (mineral seleccionado) – Unidad Molango ..... 229
Figura II.126. Colector de polvo del enfriador de nódulos - Unidad Molango ..... 231
Figura II.127. Tepetateras operativas en la Unidad Naopa ..... 233
Figura II.128. Diagrama de los procesos de la Planta Concentradora - Unidad Nonoalco ..... 237
Figura II.129. Diagrama de los procesos de la Planta de Secado, Molido y Envasado - Unidad Nonoalco ..... 239
Figura II.130. Diagrama del proceso de la Casa de Sacos en la Planta de Secado, Molido y Envasado - Unidad Nonoalco ..... 240
Figura II.131. Diagrama del proceso del Circuito A de la Planta de Óxido Manganoso - Unidad Nonoalco ..... 243
Figura II.132. Diagrama del proceso del Circuito B de la Planta de Óxido Manganoso - Unidad Nonoalco ..... 244
Figura II.133. Colectores de polvo de la Planta de óxido Manganoso - Unidad Nonoalco ..... 246
Figura II.134. Depósitos de lamas e instalaciones antiguas ..... 249
Figura II.135. Diagrama del procesamiento en Mesas Concentradoras - Unidad Nonoalco ..... 252
Figura II.136. Diagrama del proceso de la Planta de Espirales - Unidad Nonoalco ..... 253
Figura II.137. Diagrama del proceso de extracción de mineral in situ - Unidad Nonoalco ..... 264
Figura II.138. Diagrama del proceso de la Planta Concentradora - Unidad Nonoalco ..... 264
Figura II.139. Generación de jales Período 2005 a 2009 - Unidad Nonoalco ..... 270
Figura II.140 Distribución porcentual de los diferentes estatus de cumplimiento de TyC y medidas de mitigación ..... 278

# II. Descripción de las obras o actividades y, en su caso, de los programas o planes parciales de desarrollo

## II.1. Información general del proyecto, plan o programa

### II.1.1. Antecedentes

Compañía Minera Autlán fue fundada en 1953 para la explotación de la mina de manganeso en San Francisco, municipio de Autlán, estado de Jalisco, México. Fue la primera compañía minera en el país administrada por mexicanos. Posteriormente, en los años 60 Inició las actividades de exploración y explotación del Distrito Manganesífero de Molango, en el estado de Hidalgo, en donde estableció las unidades mineras Molango y Nonoalco.

El Distrito Manganesífero de Molango (DMM) es uno de los depósitos de mineral de manganeso más ricos de la región y del mundo. Posee una extensión de 1,250 km² y es el único depósito de mineral de manganeso a escala industrial en todo Centro y Norte América; y, sin lugar a duda, es el más importante de México.

El Distrito Minero de manganeso de Molango se ubica en el noreste del estado de Hidalgo, México, en la cima de la Sierra Madre Oriental. Este distrito se extiende por aproximadamente 25 km de oeste a este, y 50 km de norte a sur (Figura II.1). El relieve de la cordillera es resultado de la deformación compresiva de la Orogenia Laramide, que afectó el basamento y las rocas mesozoicas de la región. Esta deformación era un sistema dinámico que se movía con transporte tectónico ENE. La orogenia Laramide provocó pliegues y fallas inversas con tendencia preferencial NW-SE, así como levantamiento, metamorfismo, colapso gravitacional y exhumación.

Las rocas más antiguas expuestas en el distrito pertenecen a la era del Proterozoico Medio y consisten principalmente en gneis metamórficos, esquistos y metaconglomerados. La secuencia de rocas sedimentarias marinas se extiende desde el Pérmico Inferior hasta el Triásico. Están cubiertas por rocas continentales, incluidos conglomerados y areniscas, intercaladas con rocas volcánicas del período Jurásico Temprano. Posteriormente, se encuentran las rocas marinas calcáreas del Jurásico Medio y Superior. Durante el período Cretácico, la región se caracterizó por la presencia de rocas marinas calcáreas, incluidas calizas arcillosas y lutitas calcáreas. En la era Cenozoica existen rocas sedimentarias de ambiente continental y rocas volcánicas como coladas basálticas y material piroclástico que cubren parte del distrito.

El mineral extraído del distrito minero se compone de carbonato de manganeso y óxidos de manganeso, que son aptos como grado batería. La mineralización se descubrió en 1960 y la producción comenzó en 1968.

Durante las décadas de 1960 y 1970 la compañía construyó la mayor parte de la infraestructura existente en las unidades Molango y Nonoalco, entre las que destacan caminos, carreteras, un gasoducto de 180 kilómetros de longitud que va desde Venta de Carpio hasta la zona industrial de Molango, y una zona habitacional conocida como Otongo o Colonia Guadalupe.

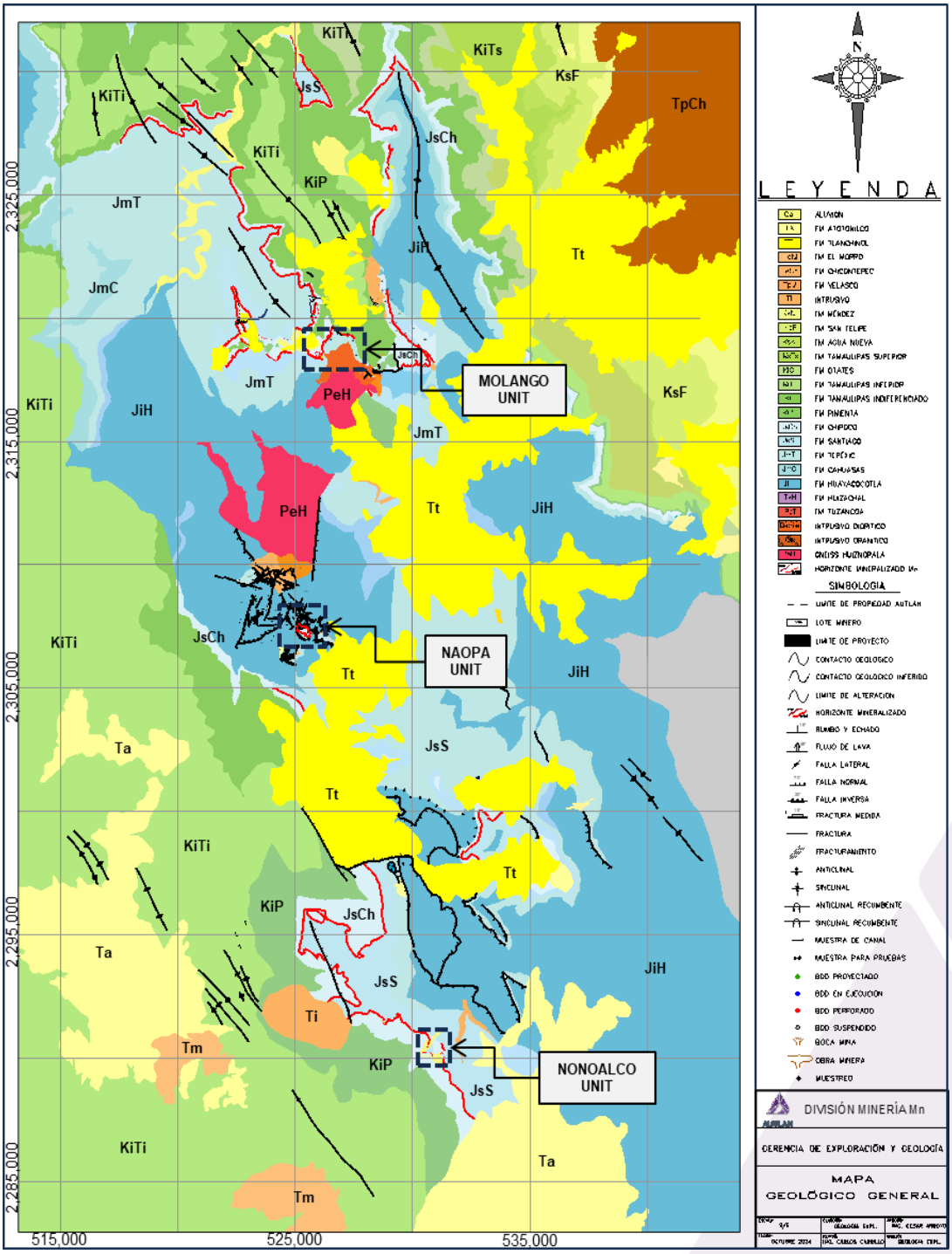



*Figura II.1. Plano Regional del Distrito Manganesífero Molango*

El desarrollo de las operaciones de Compañía Minera Autlán integró diversas obras mineras para la explotación y beneficio del mineral de la zona, consolidando así tres unidades operativas, que son las que se integran en este Proyecto:

- **Unidad Molango**. Se extiende en territorio de los municipios de Lolotla, Tlanchinol y Tepehuacán de Guerrero, en el estado de Hidalgo.

  La Unidad Molango inició operaciones en 1960, en una época en que no era requerida ninguna autorización ambiental. Sin embargo, entre los años de 1988 –fecha en que se promulgó la LGEEPA– y 1991, la Compañía Minera Autlán suscribió convenios con la extinta Secretaría de Desarrollo Urbano y Ecología (SEDUE), el Gobierno del Estado de Hidalgo, y los municipios del Distrito Manganesífero. Estos acuerdos establecieron la instalación de sistemas anticontaminantes para prevenir y controlar las emisiones a la atmosfera en los procesos que se desarrollan en las Unidades Molango y Nonoalco.

  En 1993 y 1994 la compañía obtuvo las licencias de uso de suelo para las actividades mineras de la unidad:

  a. Municipio de Lolotla: Oficio No. 758, Expediente 09/93, del 6 de septiembre de 1993.
  b. Municipio de Tepehuacán de Guerrero: Oficio 2116/93, Expediente "A" 91-94, del 2 de septiembre de 1993.
  c. Municipio de Tlanchinol: Oficio 205/93/94, Expediente 100/93/94, del 18 de marzo de 1993.
  d. Municipio de Molango: Oficio 378, Expediente 68/993, del 30 de junio de 1993.

  En el **Anexo II.1** de este documento se encuentran las licencias de uso de suelo antes referidas, obtenidas para la Unidad Molango.

  En el año 1997, Compañía Minera Autlán obtuvo de la extinta SEMARNAP (actualmente SEMARNAT), la autorización en materia de Impacto Ambiental (Oficio D.O.O.DGOEIA.-04336 de fecha 9 de julio de 1997 para el desarrollo del Tajo Acuatitla, con la explotación a cielo abierto de óxidos de manganeso y su traslado a la Unidad Nonoalco.

  La explotación autorizada del Tajo Acuatitla consistió en la extracción mensual de 2.500 toneladas de mineral de manganeso, mediante el minado de los cuerpos mineralizados "Zanja 7", "Zona Intermedia", "La Isla", "Zanja 18 a 22" y "Tampoch", que conforman la Zona Acuatitla, en una superficie total de 65.5540 ha.

  Adicionalmente, la autorización señalada incluyó el uso de 0.9369 ha para el camino entre el Área Acuatitla y el Área Tampoch, así como 1.7060 ha para tres depósitos de material estéril, uno al sur de la "Zanja 7", otro al sur de la "Zanja 18 a 22", y un tercero al este del cuerpo Tampoch.

  El Tajo Acuatitla estuvo operativo hasta 2014. En el tiempo que duró su explotación, el descapote y extracción de mineral se realizó por medios mecánicos y sólo ocasionalmente se emplearon explosivos.

  Posteriormente, en el año 2020, la SEMARNAT autorizó una modificación a la resolución del Tajo Acuatitla (Oficio No. SGPA/DGIRA/DG/03909 de fecha 3 de septiembre de 2020), en la cual se autorizó la instalación del proyecto Stainert en el área del tajo (identificado en la resolución como *"Almacén Temporal de Subproducto de Stainert – ATS –"*).

  En la actualidad el área del tajo alberga, además, diversas obras mineras operativas que se describen posteriormente[1].

[1] Áreas 2.1 a 2.20 del Polígono de Agrupación 2

Actualmente se realiza la explotación subterránea y opera una planta de beneficio que produce nódulos de manganeso (nodulización), mediante un horno horizontal rotatorio, con más de 60 años operando. Cuenta con diversa infraestructura de servicios. En su momento existió explotación a tajo abierto mediante el tajo Comextitla, ahora fuera de operación.

El proceso de nodulización que se realiza en esta unidad involucra el horneado o la calcinación del mineral de manganeso, a fin de que sea desulfurizado, descarbonatizado y deshumedecido.

El área industrial de Molango en operación concentra diversa infraestructura y servicios esenciales para el desarrollo de sus actividades. Para el minado subterráneo se cuenta con infraestructura de abastecimiento de agua, aire comprimido y energía, fundamentales para las operaciones. Asimismo, cuenta con áreas de apoyo, que comprenden la zona industrial, almacén general, talleres, áreas de preparación de reactivos, laboratorios, oficinas técnicas y administrativas, comedores, estacionamientos, así como almacenes para residuos peligrosos y de transición temporal dentro de las áreas de proceso.

Además, dispone de bodegas de sobrantes, tanques de almacenamiento de diésel en las áreas de las plantas y en los portales de las minas Coyoles, Tampoch, Comextitla (812), 900, 1000 y 810. También alberga infraestructura destinada a la trituración, una subestación eléctrica con redes de distribución provenientes de la Casa de Fuerza, contrapozos de ventilación, estaciones de compresores, talleres y polvorines tanto en el interior como en el exterior de la mina.

Asimismo, la zona industrial cuenta con caminos de comunicación, casetas de control de acceso y vigilancia, plantas de tratamiento, casas de sacos y colectores de polvo, áreas de residuos de manejo especial, un vivero, áreas de geología y una concretera, entre otras instalaciones clave para su operación.

En 1997 y 1998 Compañía Minera Autlán obtuvo para la Unidad Naopa dos autorizaciones de Cambio de Uso de Suelo de Terrenos Forestales. La primera (Oficio SRN/203-970490), en 9.43 ha de los predios Aguatepec y Cuacomul, en el municipio de Molango, Hidalgo. La segunda, (Oficio SRN/103-980267), en 42.25 ha de los mismos predios.

En el **Anexo II.2** de este documento se encuentran las autorizaciones ambientales antes referidas, obtenidas para la Unidad Molango.

En el año 1998 la Unidad Molango obtuvo la Licencia de Funcionamiento No. 11248 para la Planta de Nodulización (**Anexo II.1**).

- **Unidad Naopa.** Se localiza en el municipio de Molango de Escamilla, Hidalgo. Es la unidad más reciente, de manera que para su operación se obtuvieron los permisos de impacto ambiental y cambio de uso de suelo correspondientes. Integra las áreas y obras de los proyectos **Tajo Naopa** y **Modificación del Proyecto Tajo Naopa** (Tabla II.1). Actualmente es donde se extrae el mayor porcentaje de mineral de manganeso. Esta unidad realiza el aprovechamiento a cielo abierto del mineral de manganeso y cuenta con depósitos de tepetate, así como infraestructura de servicios.

*Tabla II.1. Autorizaciones Ambientales*

| Proyecto | Oficio | Obras autorizadas |
|---|---|---|
| **Autorizaciones Tajo Naopa** | **D.O.O.DGOEIA.01307** (14 de marzo de 1997)<br>MIA-G<br>Autorización de Impacto Ambiental | • Explotación del Tajo Naopa (22.50 ha).<br>• Tepetatera (25.00 ha)<br>• Construcción de oficinas (0.55 ha)<br>• Polvorín (0.1250 ha)<br>• Talleres, tanques para combustible, casas de campaña (10.427 ha)<br>• Construcción del nuevo tramo del camino al poblado Naopa (0.973 ha) |

| Proyecto | Oficio | Obras autorizadas |
|---|---|---|
| | | **Superficie total de 59-57-50 ha** |
| | **SRN/203.970490** (20 de marzo de 1997)<br>Autorización de Cambio de Uso de Suelo en Terrenos Forestales | Se autorizó el Cambio de Uso de Suelo en Terrenos Forestales en 9.43 ha |
| | **SRN/103-980267** (12 de febrero de 1998)<br>Autorización de Cambio de Uso de Suelo en Terrenos Forestales | Se autorizó el Cambio de Uso de Suelo en Terrenos Forestales en 42.25 ha |
| | **133.02.03/708/2012/122655** (15 de noviembre de 2012)<br>DTUA-A<br>Autorización de Impacto Ambiental y Cambio de Uso del Suelo de Terrenos Forestales | • Cambio de Uso de suelo en terrenos forestales por 15.4090 ha<br>• Tepetatera Norte<br>• Tepetatera Tierra Vegetal<br>• Tepetatera Stock Ley Intermedia<br>• Dique Sur<br>• Dique Tierra Vegetal<br>• Dique Norte<br>• Dique Sotck Ley Intermedia<br>**Superficie total de obras: 57.26 ha**<br>**Superficie total autorizada: 195.0089 ha** |
| | **133.02.03.1855.2016/163657** (14 de septiembre de 2016)<br>ETJ - Autorización de Cambio de Uso de Suelo en terrenos Forestales | • Se autorizó el Cambio de Uso de Suelo en Terrenos Forestales en 2.6217 ha. |
| **Ampliaciones de Plazo Tajo Naopa** | **D.O.O.DGOEIA.01631** (07 de abril de 2000) | • Se autorizó la ampliación del plazo por un periodo de 18 meses |
| | **S.G.P.A.-DGIRA.-003942** (08 de noviembre de 2001)<br>Autorización de modificación de plazo a la Autorización de Impacto Ambiental | • Se autorizó la ampliación del plazo por un periodo de 3 años |
| | **SGPA/DGIRA.DEI.2921.04** (16 de noviembre de 2004)<br>Autorización de modificación de plazo a la Autorización de Impacto Ambiental | • Se autorizó la ampliación del plazo por un periodo de 3 años |
| | **SGPA/DGIRA.-DG.-3067.07** (17 de diciembre de 2007)<br>Autorización de modificación de plazo a la Autorización de Impacto Ambiental | • Se autorizó la ampliación del plazo por un periodo de 18 meses |
| | **S.G.P.A./DGIRA.-DG.4133.09** (15 de julio de 2009)<br>Autorización de modificación de plazo a la Autorización de Impacto Ambiental | • Se autorizó la ampliación del plazo por un periodo de 18 meses |
| | **S.G.P.A./DGIRA.DG.0722.11** (03 de febrero de 2011)<br>Autorización de modificación de plazo a la Autorización de Impacto Ambiental | • Se autorizó la ampliación del plazo por un periodo de 3 años |
| | **SGPA/DGIRA/DG/00612** (23 de enero de 2014)<br>Autorización de modificación de plazo a la Autorización de Impacto Ambiental | • Se autorizó la ampliación del plazo por un periodo de 3 años |
| | **SGPA/DGIRA/DG/00304** (12 de enero de 2017)<br>Autorización de modificación de plazo a la Autorización de Impacto Ambiental | • Se autorizó la ampliación del plazo de la etapa de preparación del sitio y construcción por tres años adicionales, hasta el 12 de enero de 2020. |
| | **SGPA/DGIRA/DG/00105** (13 de enero de 2020)<br>Autorización de modificación de plazo a la Autorización de Impacto Ambiental | • Se autorizó la ampliación del plazo de la etapa de preparación del sitio y construcción por tres años adicionales, hasta el 12 de enero de 2023 |
| **Modificaciones al Proyecto Tajo Naopa** | **133.02.02/351/2013/132739** (28 de noviembre de 2013)<br>Autorización de Impacto Ambiental | • Ampliación de 12.563605 ha en zonas contiguas a la Tepetatera Sur y Tepetatera Tierra Vegetal.<br>• Estudios de mecánica de suelos, geológicos, topográficos e hidrológicos. |

| Proyecto | Oficio | Obras autorizadas |
|---|---|---|
| | **133.02.02/060/2015/150365** (9 de febrero de 2015)<br>Autorización de Impacto Ambiental | • Ampliación de 3.2982 ha en la Tepetatera Stock Ley Intermedia.<br>Las áreas de depósito autorizadas en su conjunto quedan con las siguientes superficies:<br>- Tepetatera Sur: 17.9454 ha<br>- Tepetatera Norte: 11.7596 ha<br>- Tepetatera Tierra Vegetal: 12.8419 ha<br>- Tepetatera Stock Ley Intermedia: 14.308 ha<br>**Superficie total autorizada para depósito: 60.1542 ha** |
| | **133.02.02.0323.2016/162270** (6 de junio de 2016)<br>Autorización de Impacto Ambiental | • Ampliación de 2.4273 ha de la Tepetatera Norte |
| | **SGPA/DGIRA/DG/04912** (9 de julio de 2018)<br>Autorización de Impacto Ambiental (ampliación) | • Ampliación Naopa 1 (9.97 ha)<br>• Ampliación Naopa 2 (3.60 ha)<br>• Ampliación Naopa 3 (4.26 ha)<br>• Ampliación Naopa 4 (2.29 ha)<br>• Infraestructura de acceso para el área de operación y vaciado del material de descapote |
| | **133.02.02.0453.2019/192453** (6 de diciembre de 2019)<br>Autorización de Impacto Ambiental (ampliación) | • Ampliación de la Tepetatera Sur en 0.9992 ha para alcanzar el total de 18.9446 ha |
| | **133.02.02.055.2021/210730** (7 de junio de 2021)<br>Autorización de Impacto Ambiental (ampliación) | • Ampliación de la Tepetatera Sur en 1.194 ha para alcanzar el total de 20.1386 ha |
| **Autorizaciones Tajo Acuatitla** | **D.O.O.DGOEIA.04336** (09 de julio de 1997)<br>MIA-G<br>Autorización de Impacto Ambiental | • Desmonte y remoción de suelo vegetal en las 6.92 ha<br>• Zonas de explotación en 35.358 ha<br>• Tiraderos de material estéril en 17.060 ha<br>• Camino área acuatitla-tampoch 0.9360 ha |
| | **SRN/915-972700** (15 de octubre de 1997)<br>Autorización de Cambio de Uso de Suelo en Terrenos Forestales | • Se autorizó el Cambio de Uso de Suelo en Terrenos Forestales en 9.05 ha |
| **Ampliaciones de Plazo Tajo Acuatitla** | **SGPA/DGIRA/DG/00196** (12 de junio de 2002)<br>Autorización de modificación de plazo a la Autorización de Impacto Ambiental | • Se autorizó la ampliación del plazo por un periodo de 5 años |
| | **S.G.P.A./DGIRA.-DG.1560.08** (16 de mayo de 2008)<br>Autorización de modificación de plazo a la Autorización de Impacto Ambiental | • Se autorizó la ampliación del plazo por un periodo de 5 años |
| | **SGPA/DGIRA/DG/04023** (12 de junio de 2013)<br>Autorización de modificación de plazo a la Autorización de Impacto Ambiental | • Se autorizó la ampliación del plazo por un periodo de 5 años |
| | **SGPA/DGIRA/DG/03708** (23 de mayo de 2018)<br>Autorización de modificación de plazo a la Autorización de Impacto Ambiental | • Se autorizó la ampliación del plazo por un periodo de 5 años |
| **Modificaciones al Proyecto Tajo Acuatitla** | **SGPA/DGIRA/DG/03909** (03 de septiembre de 2020)<br><br>Autorización de Impacto Ambiental | • Almacén Temporal de Subproducto de Stainert (ATS) en una superficie de 47 ha |

En el **Anexo II.2** de este documento se encuentran las autorizaciones ambientales antes referidas, obtenidas para las Unidades Molango (Tajo Acuatitla) y Naopa (Tajo Naopa).

En la Unidad Naopa las obras complementarias comprenden: taller de mantenimiento, área de lavado de vehículos, báscula, plantas de tratamiento de aguas residuales, almacenes, vivero, centro de educación ambiental, depósitos de agua, área de geología, almacén de residuos peligrosos, almacén de residuos de

manejo especial, tanques de combustible, aulas de capacitación, oficinas y salas de junta, mirador, caminos de comunicación internos, depósito de suelo orgánico, y polvorines, entre otros.

Compañía Minera Autlán pretende crecer y dar continuidad a sus operaciones en la Unidad Naopa, para incrementar sus reservas de minerales, esencialmente a través de la exploración y el depósito de tepetate, a la vez que continúa con sus operaciones a largo plazo. Es por ello que dentro del presente estudio se incluyen obras nuevas que se integrarán como parte del Distrito Minero de Autlán y que serán detalladas más adelante.

- **Unidad Nonoalco.** Se ubica en el municipio de Xochicoatlán, Hidalgo. Inició operaciones en 1964 y produce bióxido de manganeso grado batería y cerámico, y óxido manganoso, actualmente a partir del mineral que se obtiene de la Unidad Naopa.

  Cuenta con Licencia de Uso del Suelo, expedida el 2 de marzo de 1993 por el Presidente Municipal de Xochicoatlán, en la que se indica que la unidad minera Nonoalco se asienta en una superficie aproximada de 80.7324 hectáreas, en donde se encuentra instalada la planta de beneficio de mineral, en una zona en la que las operaciones mineras no alteran el uso del suelo (**Anexo II.1**).

  En esta unidad operan: una planta de concentrado de manganeso; una planta de secado, molido y envasado; una planta de oxido manganoso, y una planta concentradora en mesas. Para la operación de estos procesos se fueron estableciendo depósitos de jales y otras obras de infraestructura de apoyo y servicios.

  La unidad incluye líneas de distribución de energía, oficinas, laboratorios, almacenes, planta de tratamiento, almacén de residuos peligrosos, tanques de combustible, colectores de polvo, caseta de vigilancia, patios de embarque, pilas de recuperación de agua, subestación, comedor, áreas de residuos de manejo especial, y caseta de vigilancia, entre otros.

Las unidades Naopa y Molango cuentan con las concesiones mineras emitidas por el Gobierno Mexicano, que otorgan a Compañía Minera Autlán los derechos de exploración y explotación en aproximadamente 55,835.1 hectáreas. Cada concesión ampara un período de 50 años y son renovables por un período similar. La concesión minera de la Unidad Nonoalco fue concedida en 1985, también por un término de 50 años con posibilidad de renovación por otros 50 años (Tabla II.2).

*Tabla II.2. Concesiones Mineras de explotación del proyecto DMA*

| No. Título | Lote | Superficie | Municipio | Vigencia |
|---|---|---|---|---|
| 185647 | San Antonio XXI | 100 ha | Molango, Hgo. | 14 de diciembre de 1989 a 13 de diciembre de 2039 |
| 185753 | San Antonio XXVII | 100 ha | Molango, Hgo. | 14 de diciembre de 1989 a 13 de diciembre de 2039 |
| 185491 | San Antonio XXVIII | 100 ha | Molango, Hgo. | 14 de diciembre de 1989 a 13 de diciembre de 2039 |
| 185407 | San Antonio XX | 100 ha | Molango, Hgo. | 14 de diciembre de 1989 a 13 de diciembre de 2039 |
| 185495 | San Antonio XXII | 100 ha | Molango, Hgo. | 14 de diciembre de 1989 a 13 de diciembre de 2039 |
| 185406 | San Antonio XXIX | 100 ha | Molango, Hgo. | 14 de diciembre de 1989 a 13 de diciembre de 2039 |
| 224524 | Naopa | 370 ha | Molango, Hgo. | 17 de mayo de 2005 a 16 de mayo de 2055 |

En el **Anexo II.3** de este documento se encuentran las Concesiones Mineras antes referidas, obtenidas para las áreas de explotación del proyecto DMA.

Es relevante destacar que antes de la llegada de la Compañía Minera Autlán a la región, otras compañías mineras realizaron operaciones de exploración y explotación en diversas áreas el Distrito Minero, principalmente en los municipios de Xochicoatlán, Molango y Tlanchinol, Hidalgo.

## II.1.2. Naturaleza del proyecto, plan o programa

El proyecto "**Distrito Minero Autlán**" presentado por **Compañía Minera Autlán, S.A.B. de C.V.** a través de esta Manifestación de Impacto Ambiental en modalidad Regional (MIA-R), corresponde al sector primario extractivo; particularmente, a la exploración, explotación y beneficio de minerales reservados a la Federación; específicamente manganeso. El proyecto y, consecuentemente, la MIA-R, tienen un carácter integrador, ya que, para tener una visión holística del desempeño ambiental de la empresa en la región, incluye todos y cada uno de los elementos que constituyen cada una de las unidades mineras que conforman el distrito minero (Molango, Naopa y Nonoalco), considerando además de los elementos que no requirieron autorización, los autorizados, los proyectados y los que están fuera de operación, pero que aún requieren incorporarse al cierre progresivo, así como áreas de interés de exploración y de evaluación geológica.

Esta naturaleza integradora refleja el interés de Compañía Minera Autlán, S.A.B. de C.V. en incluir, dentro de una evaluación y eventual autorización federal, múltiples obras previas a la entrada en vigor de la LGEEPA, que no requirieron contar con la autorización en materia de impacto ambiental. De este modo, ahora estarán sujetas a un Programa de Vigilancia Ambiental, así como a las medidas de mitigación y compensación aplicables, y al cierre progresivo.

Así, la MIA-R integra obras y actividades:

**A.** Que no requirieron autorización, por comenzar operaciones antes de la promulgación de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente de la LGEEPA.

**B.** Que cuentan con autorización de manera independiente y que han tenido modificaciones durante el paso de los años, pero es necesario integrarlas como unidad minera.

**C.** Que se adicionan con el presente proyecto por necesidad de expansión.

**D.** Áreas de interés de exploración y de evaluación geológica

En la Figura II.2 se muestran las áreas que integran el **Distrito Minero Autlán** de acuerdo con su naturaleza:

- Áreas Nuevas
  - Tepetatera Guadalupe
  - Propuesta de Relleno Sanitario
  - Áreas verdes
- Áreas previas a la LGEEPA
- Áreas autorizadas
  - Tajo Naopa
  - Modificación Tajo Naopa
  - Tajo Acuatitla
  - Proyecto Stainert (dentro del área autorizada para Tajo Acuatitla)
- Áreas de interés de exploración[2]

[2] Algunas áreas de interés de exploración se sobreponen con áreas autorizadas y áreas previas a la LGEEPA.

Todos los mapas de localización que se muestran en las figuras de este capítulo están contenidos como archivos en formato pdf en el **Anexo II.4** Cartográfico que acompaña a esta Manifestación de Impacto Ambiental.

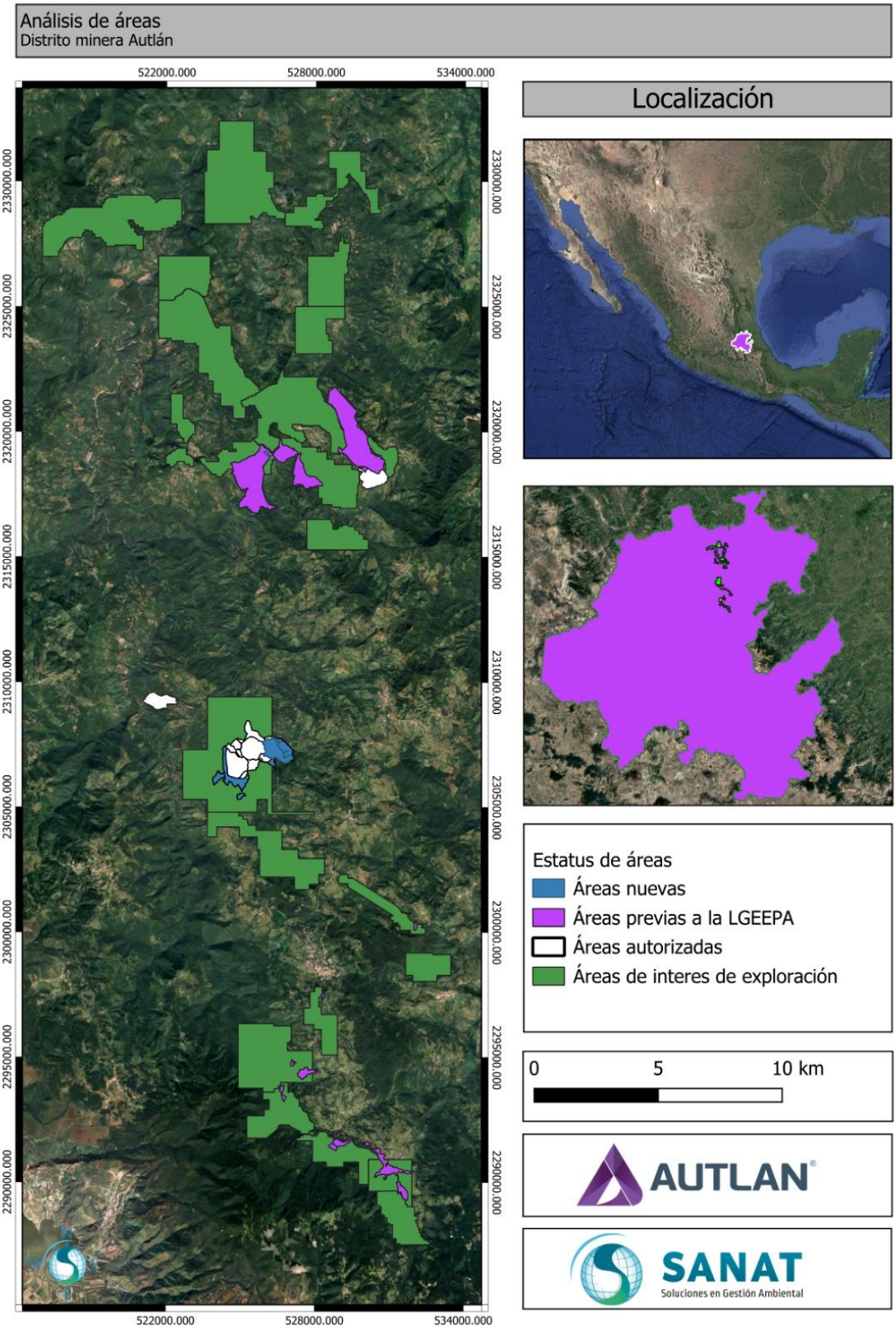



*Figura II.2. Análisis de áreas de acuerdo con su naturaleza*

## II.1.3. Justificación.

La elaboración y presentación de esta MIA-R atiende al interés de la promovente de ampliar y consolidar de manera integral sus proyectos de exploración para reservas de minerales y obras de infraestructura de apoyo a las obras existentes en el **Distrito Minero Autlán**.

El proyecto se justifica ambientalmente, en tanto que:

i. Se da cumplimiento a la normatividad ambiental a la que se vincula cada una de las nuevas obras proyectadas y se inserta bajo el mismo esquema a las obras ejecutadas.

ii. Al integrar en un solo estudio todas las obras y actividades que **Compañía Minera Autlán** ha desarrollado en el distrito minero a lo largo de los años, se facilitará a la autoridad ambiental tener una visión exhaustiva de las tres unidades mineras, la correlación operativa que existe entre ellas, y la auto regulación que la empresa ha realizado en sus operaciones mediante un ejercicio de transparencia y de minería responsable, permitiendo así que la SEMARNAT realice una valoración ambiental objetiva e integral del escenario en el que se realizan las actividades en el contexto regional.

iii. La integralidad del contenido de esta MIA-R, su análisis y su dictaminación como un conjunto, facilitará a la autoridad el seguimiento y la vigilancia administrativa de las obligaciones ambientales de **Compañía Minera Autlán**.

iv. Podrá valorarse la efectividad de las medidas ambientales implementadas por la compañía, así como los beneficios sociales y económicos derivados de sus operaciones, mediante informes integrales que detallen el efecto y las sinergias existentes en todo el sistema regional, en lugar de centrarse únicamente en cada unidad individual.

Adicionalmente, declarar todas las obras del "**Distrito Minero de Autlán**" en una sola Manifestación de Impacto Ambiental, dará certeza y confianza a la autoridad ambiental del compromiso de **Compañía Minera Autlán** y de su nivel de cumplimiento a corto, mediano y largo plazo. Ello permitirá, eventualmente, que la SEMARNAT disponga de información respecto de los avances operativos globales, de modo que ésta pueda realizar un seguimiento efectivo de la ejecución de un Plan de Cierre progresivo y definitivo en el momento correspondiente.

La planeación general de la operación de las unidades mineras se ha realizado procurando el menor impacto posible, ya que se ubican sobre o cercanas a áreas previamente impactadas por antiguas actividades mineras. En su conjunto, debido a su antigüedad, las unidades cuentan con todos los servicios necesarios y con la licencia social del sector minero en la zona. Y en aproximadamente 60 años operando en la región, las unidades han generado fuentes de empleo directas e indirectas, tanto a pobladores de las localidades vecinas (90%), como a profesionistas de diversas regiones del país.

Además de lo anterior, el proyecto es un estímulo socioeconómico para la región, puesto que promueve el empleo de los habitantes de múltiples localidades de los municipios donde están establecidas las operaciones de Molango, Naopa y Nonoalco. Los beneficios esperados con el desarrollo del proyecto que se presenta en este documento incluyen mantener la continuidad en la derrama económica en la región, tal como ha sucedido en los últimos 60 años, permitiendo una mejor calidad de vida a los trabajadores.

A manera de ejemplo, basta señalar los beneficios sociales que tienen las comunidades de la zona de influencia en la Unidad Naopa.

El **Segmento** denominado **Naopa**, está integrado por **18 comunidades**. Por su relación con el área de influencia de los impactos de las operaciones, **una** es considerada **núcleo (Naopa)**, cuatro **comunidades** tienen relación **directa** (Zacuala, Ocotlán, Ixcotla y Tlaxcango), y **13** mantienen relación **indirecta,** ya que se encuentran en la ruta de tránsito del acarreo interno de la empresa, sobre la carretera federal (Tabla II.3).

*Tabla II.3. Comunidades en el área de influencia de Naopa*

| N° | Comunidad | Municipio | Área de Influencia por impactos | Habitantes | Km desde la Unidad | Tiempo desde la unidad |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | Naopa | Molango de Escamilla | Núcleo | 558 | | |
| 2 | Ocotlán | Lolotla | Directa | 34 | 4.4 km | 12 min |
| 3 | Ixcuicuila | Molango de Escamilla | Indirecta | 457 | 33.8 km | 1h 26 min |
| 4 | Xuchitlán | Molango de Escamilla | Indirecta | 52 | 25.7 km | 1h 5min |
| 5 | Ixtlahuaco | Lolotla | Indirecta | 1287 | 12.5km | 27min |
| 6 | Ixcatlán | Molango de Escamilla | Indirecta | 190 | 19.3km | 49min |
| 7 | Temacuil | Molango de Escamilla | Indirecta | 150 | 11.7km | 31min |
| 8 | Pemuxtitla | Molango de Escamilla | Indirecta | 209 | 20.1 km | 44min |
| 9 | Tepetlapa | Molango de Escamilla | Indirecta | 76 | 14.6km | 35min |
| 10 | Xicalango | Molango de Escamilla | Indirecta | 41 | 4.1 km | 11min |
| 11 | San Antonio | Molango de Escamilla | Indirecta | 681 | 21.9km | 55min |
| 12 | Tlatzintla | Molango de Escamilla | Indirecta | 484 | 13.2km | 34 min |
| 13 | Tlaxcango | Lolotla | Directa | 42 | 7.7km | 20min |
| 14 | Tenango | Molango de Escamilla | Indirecta | 353 | 7km | 19min |
| 15 | Zacuala | Molango de Escamilla | Directa | 32 | 7km | 19min |
| 16 | Quetzalzongo | Tlanchinol | Indirecta | 428 | 32km | 59min |
| 17 | Ixcotla | Molango de Escamilla | Directa | 138 | 5.4km | 14min |
| 18 | Tlacozintla | Lolotla | Indirecta | 52 | 10.7km | 25min |

En estas comunidades, la Compañía ha desarrollado diversos programas sociales (Figura II.3), que aportan múltiples beneficios (Tabla II.4).




*Figura II.3. Programas sociales de Compañía Minera Autlán en la región*

*Tabla II.4. Beneficios de los programas sociales que desarrolla la Compañía Minera Autlán*

| Programa social | Beneficios |
|---|---|
| SINERGIA | Sistema de atención a las comunidades. Identifica, clasifica y gestionar los eventos sociales (inquietudes/quejas, eventos atípicos, solicitudes, consultas, recomendaciones y denuncias) de los stakeholders, miembros de las comunidades vecinas a la operación, en relación con las actividades que desarrolla la Compañía Minera Autlán y/o cualquier empresa que realice actividades a nombre de ella, y que pudieran impactar positiva o negativamente en la zona de influencia. |
| CRS – AUTLAN | Convenio de responsabilidad social. Brinda una serie de beneficios a favor de las comunidades que son vecinas a la operación y que se encuentran a menos de un kilómetro de distancia, o que proporcionan el derecho de uso de las tierras para la unidad. En el caso del Segmento Naopa, sólo la comunidad de Naopa cuenta con este beneficio, logrando una inversión anual de aproximadamente siete millones de pesos, donde destacan los programas "Autlán crece contigo" y "Médico y medicamentos para la Comunidad", que contribuyen al Objetivo de Desarrollo Sostenible (ODS) de la Organización de las Naciones Unidas (ONU), ODS 3, salud y bienestar. Mediante el programa "Pago de luz, y vales", se aportan vales de despensa, que aportan a la disminución de la pobreza y la desigualdad alimentaria, con el objetivo de cumplir los ODS 1 Disminución de la pobreza, y ODS 2 Hambre cero. |
| AUTLAN PLATAFORMA INVERSIÓN SOCIAL | Es un plan estratégico diseñado por Compañía Minera Autlán, que cumple los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) de la Organización de las Naciones Unidas (ONU), genera valor compartido con las comunidades vecinas a las operaciones, y contribuye a la continuidad operativa, aportando un fondo anual de hasta 100k en especie por comunidad, para el diseño e implementación de proyectos que resuelvan una problemática dentro de las comunidades. Con ello se atiende al cumplimiento de uno o más ODS, con una inversión anual de hasta 4.6 millones de pesos.<br>También como parte de la plataforma se ofertan los programas transversales: "Contigo Mujer", "Contigo Salud", "Contigo Reforestamos", "Contigo Cultura y Tradiciones", y "Manos a la Brocha". Todos estos programas sujetos a la continuidad operativa de Autlán y condiciones del mercado. |
| Contigo Mujer | Por medio de talleres de habilidades, se generan condiciones y capacidad para que mujeres de la sierra hidalguense emprendan, dotándoles de herramientas, aprendizajes y capacidades, para su empoderamiento. El programa atiende al ODS 5, Igualdad de Género. |
| Contigo Reforestamos | Este programa genera conciencia en las más de 46 comunidades de la zona de influencia de Minera Autlán, respecto del cuidado del medio ambiente, a través de la estrategia de reforestación de espacio públicos comunitarios. De esta manera, anualmente se han plantado en promedio 17,000 árboles endémicos de la región. El programa cumple con el ODS 15: Vida de ecosistemas terrestres. |
| AUTLAN Contigo Salud | Mediante el establecimiento de alianzas estratégicas, se acercan los servicios de salud a las comunidades de la zona de influencia de Compañía Minera Autlán, ya sea por medio de campañas de vacunación, pláticas de prevención a la salud, instalación de farmacias comunitarias, dotación de servicio médico y medicamentos. Aplica en comunidades con las que se tiene algún convenio. El programa se alinea con el ODS 3: Salud y bienestar. |
| Contigo Cultura y tradiciones | **Compañía Minera Autlán** promueve que la inclusión social sea una realidad en la región; por ello, mediante el programa "Contigo Cultura y Tradiciones", se dota anualmente a las comunidades de la zona de influencia de las operaciones, con un recurso de hasta $10,000.00 por comunidad, que suma una inversión anual de $460,000.00 para las 46 comunidades de la zona de influencia. Los recursos se destinan a actividades culturales o tradiciones religiosas. El programa contribuye al ODS 11: Ciudades y comunidades sostenibles. |

| Programa social | Beneficios |
|---|---|
| MANOS A LA BROCHA<br>Rehabilitación de Espacios Comunitarios | Con el programa "Manos a la Brocha" se promueve la recuperación y rehabilitación de espacios públicos, que incentiven la convivencia social. Anualmente se aporta hasta $10,000.00 en especie de materiales (pintura), por comunidad, lo que suma una inversión de $460,000.00 en las 46 comunidades de la zona de influencia de las operaciones. |
| FONDO DE INVERSIÓN PARA LA AGENDA 2030 | A través del Fondo de Inversión para la Agenda 2030, se promueve el desarrollo sostenible del área de influencia de las operaciones de Compañía Minera Autlán, en alianza con el Gobierno del Estado. La compañía aporta el seguimiento y capital, y el Gobierno del Estado aporta asesoría para la formulación de los proyectos.<br>Esta inversión fomenta el desarrollo sostenible e impulsa el cumplimiento de la agenda 2030 (Objetivos de Desarrollo Sostenible - ODS) en las 46 comunidades de la zona de Influencia de Autlán, ubicadas en los municipios de Molango de Escamilla; Tlanchinol; Lolotla; Tepehuacán de Guerrero; y Xochicoatlán.<br>Cada comunidad puede participar en el fondo de inversión, mediante la postulación de un proyecto por comunidad y una inversión total de hasta 14 millones de pesos. |

Toda la estrategia de inversión social de **Compañía Minera Autlán** gira en torno al cumplimiento de la Agenda 2030 y de los Objetivos de Desarrollo Sostenible de la Organización de las Naciones Unidas, beneficiando de esta manera a más de 5,000 hidalguenses únicamente en el Segmento Naopa, y a más de 17,000 en las 46 comunidades de la zona de influencia de las operaciones con una derrama económica en el orden de 7,850 Mdp de 2017 a 2024.

### II.1.3.1. Justificación Técnica

La viabilidad técnica del proyecto se analizó con base en los siguientes criterios:

**I. Reservas Minerales**

Al amparo de los títulos de concesión minera que le han sido otorgados, **Compañía Minera Autlán** posee las reservas de manganeso de grado metalúrgico más grandes de América del Norte, que representan, a su vez, prácticamente todas las que se han descubierto en México. En consecuencia, es el más grande productor de manganeso en Centro y Norteamérica y es el único productor de nódulos de manganeso en el mundo.

Hasta 2013 La Compañía tenía aproximadamente 30.2 millones de toneladas de reservas y recursos de manganeso, y reservas potenciales de aproximadamente 250 millones de toneladas. A las tasas de producción de 2012, Minera Autlán poseía reservas de manganeso equivalentes a aproximadamente 39 años de producción y reservas de manganeso potenciales para más de 200 años.

Con el propósito de actualizar la evaluación de las reservas y recursos minerales de la zona, es prioritario para la compañía ampliar su conocimiento del subsuelo, mediante la exploración en los polígonos identificados en este documento como "Zonas de Interés de Exploración", cuya autorización se solicita como parte del **Proyecto DMA**.

La estrategia adoptada por la compañía en la planeación del proyecto se orientó al mejoramiento del tiempo de vida de la mina actual en la Unidad Naopa, así como incrementar la base de reservas en relación con una mejor utilización de los recursos, teniendo en cuenta que en la zona donde se asienta el depósito de interés económico existe una buena relación con las comunidades.

Los estudios de consultorías externas, en los aspectos geológicos, geotécnicos y operacionales, indican que el **método de minado** más adecuado para la recuperación del mineral es el sistema de hundimiento por subniveles para el caso del minado subterráneo (corte y relleno) en las minas subterráneas; y explotación por sectores para el minado a cielo abierto. Para ello, actualmente siguiendo esta técnica le empresa tiene buenos resultados y la producción se

considera sustentable en este aspecto. En 60 años de operaciones en Hidalgo se han impactado hablando estrictamente para extracción no más de 600 hectáreas, siendo el 60% para minado subterráneo y el resto a cielo abierto (datos aproximados), comparado con otros minerales el impacto es menor, la derrama, ganancias y beneficios compartidos mucho mayores y solo en reforestación y conservación (PSA-CONAFOR) se ha quintuplicado la superficie.

Desde el inicio de sus operaciones y con base en estudios especializados, se determinó que la viabilidad técnica para el **beneficio del mineral** era mediante el proceso de concentración de mineral, o bien nodulización.

En relación con los **servicios** que son necesarios para la continuidad de la operación del proceso minero, a lo largo de los años de operación se fueron estableciendo, de manera que actualmente se cuenta con servicios e instalaciones que permiten el uso y suministro de autogeneración, agua fresca, plantas de tratamiento de agua, combustibles, adquisición de reactivos, telecomunicaciones, vías de comunicación, etc. No obstante, con el objetivo de cubrir todas las necesidades del crecimiento que se proyecta, algunos de los servicios serán mejorados o ampliados, como se describe más adelante.

La producción que se ha tenido en los últimos años se indica en la Figura II.4.

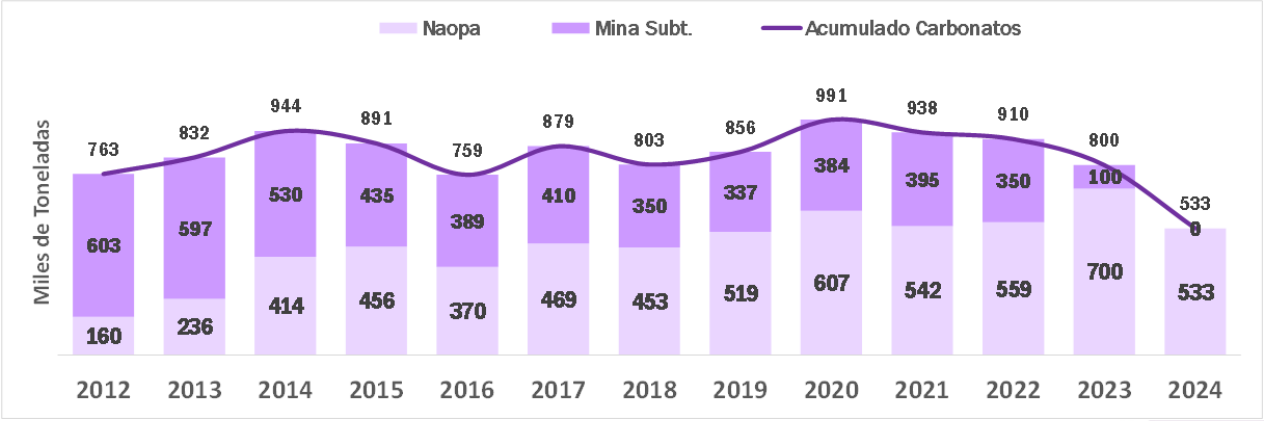



*Figura II.4. Valores de producción del minado en Tajo Naopa y la mina subterránea de Molango*

## II. Capacidad técnica y financiera de la Compañía

**Compañía Minera Autlán** es una compañía minera mexicana que cotiza en la Bolsa Mexicana de Valores (BMV).

Los productos de Autlán se utilizan en las industrias de metales preciosos, pilas secas y alcalinas, cerámica, micronutrientes para animales, fertilizante y en la siderúrgica. Durante 2022, Autlán alcanzó ingresos por USD 624 millones y contaba con 2,520 empleados. La compañía es el único productor integrado de manganeso en Centro y Norteamérica, y el mayor productor de ferroaleaciones de manganeso en el continente americano

Con 60 años de historia en la región y experiencia en sus unidades mineras, **Compañía Minera Autlán** cuenta con personal técnico profesional, especializado y altamente capacitado, lo que garantiza la continua mejora de sus procesos y operaciones, con niveles de producción, calidad y seguridad sobresalientes.

Hasta 2013, la compañía contaba con aproximadamente 2,105 empleados; de los cuales 1,469 eran de planta y 636 eran eventuales. Autlán tiene sus diversos contratos colectivos de trabajo con el Sindicato Nacional de Trabajadores Mineros, Metalúrgicos y Similares de la República Mexicana. La administración de la empresa y los empleados sindicalizados han tenido una relación de trabajo históricamente estable y de cooperación. No ha ocurrido ninguna huelga en la historia de la compañía por motivos atribuibles a la empresa, con excepción de un paro laboral de dos horas en 1978.

En este momento, el número de empleos disponibles en Autlán es notablemente bajo (646 plazas en total; 424 en la Unidad Molango, 162 en la Unidad Naopa y 60 en la Unidad Nonoalco), debido a la crisis global que afecta la industria de siderúrgica y de ferroaleaciones.

La caída de los precios y la inestabilidad en los mercados internacionales han generado un impacto directo en las empresas locales, especialmente aquéllas vinculadas a la minería y la producción de metales. Además, no se han podido realizar actividades de exploración y explotación necesarias para la creación de nuevas plantas, lo que ha frenado aún más el crecimiento del sector y la generación de nuevos puestos de trabajo. Esta situación ha provocado una reducción en la demanda de mano de obra y un aumento en la incertidumbre económica, dificultando la creación de empleos y afectando la estabilidad laboral en la región.

En este contexto, el presente estudio adquiere gran relevancia, ya que tiene como objetivo ampliar los programas de exploración y determinar nuevas reservas de minerales, especialmente de manganeso. Este mineral ha ganado importancia debido a su consideración como un recurso estratégico en la transición energética[3], siendo esencial para la fabricación de baterías de vehículos eléctricos y otras tecnologías limpias. La identificación y explotación de nuevas reservas de manganeso no solo impulsaría la economía local, sino que también contribuiría a la creación de nuevos empleos, posicionando a Autlán como un actor clave en la transición hacia un modelo energético más sostenible.

La excelencia operativa de Compañía Minera Autlán y su solidez financiera les han merecido buenas calificaciones por entidades calificadoras internacionales.

## III. Viabilidad ambiental del proyecto

En cuanto a la viabilidad ambiental del proyecto, en su larga historia en la región Compañía Minera Autlán ha consolidado un modelo de gestión ambiental de sus actividades, procesos y programas de cuidado al ambiente. Como parte de la gestión, la compañía cuenta con un Plan de Manejo Ambiental e implementa numerosos programas ambientales (Tabla II.5).

*Tabla II.5. Programas del Plan de Manejo Ambiental que desarrolla la Compañía Minera Autlán en las unidades mineras del DMA*

| No. | Programa | Molango | Nonoalco | Naopa |
|---|---|---|---|---|
| 1 | Programa de Pago de Derechos | ⊗ | ⊗ | ⊗ |
| 2 | Programa de Servicios de Laboratorios Acreditados | ⊗ | ⊗ | ⊗ |
| 3 | Programa de Medición, Revisión y Cambio de Medidores | ⊗ | ⊗ | ⊗ |
| 4 | Programa de Orden y Limpieza | ⊗ | ⊗ | ⊗ |
| 5 | Programa de Cultura del Agua | ⊗ | ⊗ | ⊗ |
| 6 | Programa de Mantenimiento de Infraestructura, Maquinaria, Equipo y Plantas de Tratamiento | ⊗ | ⊗ | ⊗ |
| 7 | Programa de Señalización | ⊗ | ⊗ | ⊗ |
| 8 | Programa de Reciclaje de Agua | ⊗ | ⊗ | ⊗ |
| 9 | Programa de Riego de Caminos | ⊗ | ⊗ | ⊗ |
| 10 | Programa de Espreado en Áreas de Proceso, Embarque y Desembarque de Mineral | ⊗ | ⊗ | ⊗ |
| 11 | Programa de Manejo de Agua de Laboreo | ⊗ | | ⊗ |
| 12 | Programa de Manejo de Agua Pluvial | ⊗ | ⊗ | ⊗ |
| 13 | Programa para la Formulación y Presentación de la COA | ⊗ | ⊗ | ⊗ |
| 14 | Programa de Análisis y Reportes a las Instancias Normativas | ⊗ | | |
| 15 | Programa de Mantenimiento de Maquinaria y Equipo | ⊗ | ⊗ | ⊗ |
| 16 | Programa de Estudios Isocinéticos y de Gases de Combustión | ⊗ | ⊗ | |
| 17 | Programa de Operación de Equipos de Medición en Chimenea y Estación | ⊗ | | |

[3] La Agencia Internacional de Energía (AIE)

| No. | Programa | Molango | Nonoalco | Naopa |
|---|---|---|---|---|
| 18 | Programa de Medición, Obtención, Reporte y Entrega de Información en la Estación de Monitoreo | ⊗ | | |
| 19 | Programa de Mantenimiento de Fuentes Fijas (operación, vigilancia de instalaciones y sistemas de control) | ⊗ | ⊗ | |
| 20 | Programa de Vigilancia Ambiental Participativa | ⊗ | ⊗ | ⊗ |
| 21 | Programa de Protección de Flora y Fauna | ⊗ | ⊗ | ⊗ |
| 22 | Programa de Rescate de Especies | ⊗ | ⊗ | ⊗ |
| 23 | Programa de Educación Ambiental | ⊗ | ⊗ | ⊗ |
| 24 | Programa de Estabilidad de Taludes | ⊗ | ⊗ | ⊗ |
| 25 | Programa de Control de Escorrentías | ⊗ | ⊗ | ⊗ |
| 26 | Programa de Examinación Médica | ⊗ | ⊗ | ⊗ |
| 27 | Programa de Manejo de Residuos Peligrosos | ⊗ | ⊗ | ⊗ |
| 28 | Programa de Manejo de Residuos de Manejo Especial | ⊗ | ⊗ | ⊗ |
| 29 | Programa de Reciclaje de Residuos Sólidos Urbanos | ⊗ | ⊗ | ⊗ |
| 30 | Programa de Manejo de Residuos Minero-Metalúrgicos | ⊗ | ⊗ | ⊗ |
| 31 | Programa de Mantenimiento de Cortinas en depósitos de jales | | ⊗ | |
| 32 | Programa para Construcción de Terrazas para Estabilización de Depósitos | ⊗ | | |
| 33 | Establecimiento de Bitácoras en Almacenes Temporales | ⊗ | ⊗ | ⊗ |
| 34 | Programa de Control, Etiquetado y Manifiestos de E-T-R | ⊗ | ⊗ | ⊗ |
| 35 | Programa de Reciclaje | ⊗ | ⊗ | ⊗ |
| 36 | Programa de Simulacros | ⊗ | ⊗ | ⊗ |
| 37 | Programa de Análisis de Riesgos | ⊗ | ⊗ | ⊗ |
| 38 | Programa de Análisis de Accidentes | ⊗ | ⊗ | ⊗ |
| 39 | Programa de Atención y Respuesta a Emergencias | ⊗ | ⊗ | ⊗ |
| 40 | Programa de Mantenimiento y Vigilancia de depósitos de jales | | ⊗ | |
| 41 | Programa de Inclusión de Áreas que Iniciaron Operaciones Previas a la LGEEPA | ⊗ | ⊗ | |
| 42 | Programa de Reforestación | ⊗ | ⊗ | ⊗ |
| 43 | Programa de Terraplenes | ⊗ | ⊗ | ⊗ |
| 44 | Programa de Restauración de Áreas Fuera de Operación | ⊗ | ⊗ | ⊗ |
| 45 | Programa de Cierre de Minas | | ⊗ | ⊗ |
| 46 | Programa de Vigilancia Ambiental | ⊗ | ⊗ | ⊗ |
| 47 | Programa de Formación de Brigadistas | ⊗ | ⊗ | ⊗ |
| 48 | Programa de Prestación de Auxilio ante Fenómenos Naturales | ⊗ | ⊗ | ⊗ |
| 49 | Programa de Apoyo a Damnificados | ⊗ | ⊗ | ⊗ |
| 50 | Programas de Disposición de Personal y Maquinaria para Brindar Apoyo ente Fenómenos Meteorológicos, Incendios, Inundaciones, Temblores, etc. | ⊗ | ⊗ | ⊗ |
| 51 | Programa de Comunicación a Instancias y Dependencias de Gobierno | ⊗ | ⊗ | ⊗ |

Además, todas las unidades se encuentran certificadas en las Normas Internacionales ISO 9001:2015, ISO 14001:2015 e ISO 45001:2018. Asimismo, la compañía cuenta con una estrategia de cambio climático.

Particularmente, es relevante indicar que ninguna de las áreas operativas incide en áreas naturales protegidas, federales, estatales o municipales; no obstante, para el cuidado y protección de la flora y la fauna nativa que se

encuentra dentro del área de influencia de las unidades, se implementan y ejecutan programas de reubicación y rescate, que se complementan con capacitaciones mediante el Centro de Educación Ambiental.

De acuerdo con su calificación ESG, que mide su desempeño en tres áreas clave: Medioambiente (Environmental), Social (Social) y Gobernanza (Governance), la empresa implementa estrategias para mitigar el impacto ambiental negativo generado por las actividades de minería, a través del uso de energía renovable, mejora de eficiencia energética en sus procesos, el reciclaje de sus residuos y la integración de procesos de economía circular. Se considera que el impacto social de las actividades de negocio es neutral. De forma positiva, Autlán integra un programa de gestión social alineado a los estándares de la Corporación Financiera Internacional (IFC; International Finance Corporation), lo cual se considera como una mejor práctica a nivel internacional. Buenas prácticas en salud y seguridad de empleados, así como su buen perfil de gobernanza, benefician de forma positiva a su evaluación [4].

Minera Autlán aún está en proceso de consolidar su estrategia de sustentabilidad. En 2022, definió su estrategia de descarbonización, misma que busca una disminución de emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) de Alcances 1 y 2 de 46 % para 2030, considerando 2021 como su año base.

El **Proyecto DMA** que se presenta a través de este documento considera el desarrollo de sistemas de operación eficiente, con tecnología de punta en la recuperación de metales, lo que favorece la producción y elimina los riesgos ambientales. Asimismo, se dará continuidad a las acciones y programas de protección al ambiente, tales como, la ejecución del plan de vigilancia y monitoreo ambiental, el monitoreo constante de aguas, monitoreo de partículas PM-10, PM 2.5, acciones para la conservación del suelo, protección de áreas contiguas al área de afectación; obras de drenaje para el manejo de las escorrentías superficiales y la protección de la calidad del agua de origen pluvial; manejo integral de residuos; salud ocupacional; y acciones de reforestación y restauración de áreas que han salido de operación tal es el caso del talud de polvos.

## IV. Entorno social

A lo largo de su historia, **Compañía Minera Autlán** siempre se ha distinguido por incentivar compromisos duraderos con las localidades circunvecinas a sus unidades operativas, así como con proveedores y clientes, pero sin olvidar la promoción de una cultura laboral interna, sustentada por fuertes valores.

La empresa cuenta con un Sistema de Responsabilidad Social Empresarial, a través del cual se gestiona cualquier inquietud social en relación con las operaciones, a la par que se implementan programas sociales que generan beneficios a favor de las comunidades con las que la compañía mantiene relación y vecindad.

**Compañía Minera Autlán** alinea su sistema de gestión social con los estándares de la IFC, al contar con un mecanismo de quejas transparente y adecuado para las comunidades vecinas, el cual involucra coordinadores por comunidad y comunicación constante a través de diversos canales.

Asimismo, en alineación con las mejores prácticas de la industria, la compañía tiene una política de derechos humanos interna, basada en la normativa nacional y en acuerdos internacionales, como la Carta Internacional de Derechos Humanos; la Declaración de la Organización Internacional del Trabajo sobre los Principios rectores para las empresas y los Derechos Humanos Fundamentales en el Trabajo; la Convención sobre los Derechos del Niño; y la Declaración de las Naciones Unidas sobre los Derechos de los Pueblos Indígenas.

El incremento y la consolidación de las reservas minerales que hacen económicamente costeable el beneficio del mineral permitirá fortalecer la operación minera, no sólo en la conservación de los empleos actuales, sino en la generación de nuevos empleos que involucran a las comunidades aledañas, proporcionando, como ya se citó, oportunidades de empleo directo e indirecto en el desarrollo de las diferentes etapas que comprenda la continuidad del proyecto. Socialmente y por consecuencia, la empresa continuará mitigando el índice de desempleo, a la vez que beneficiará al desarrollo social y económico de las localidades vecinas y en los municipios donde se desarrollan las operaciones.

[4] *Reporte de ESG Rating*. Sustainable Fitch. 26 de febrero de 2024.

### II.1.3.2. Justificación Económica

Análisis y evaluaciones económicas realizadas en la unidad minera y a través de consultorías externas, indican que el **Proyecto** es económicamente viable. El análisis de rentabilidad en el que se sustenta demuestra que existe un incremento en la demanda de este mineral a nivel mundial.

El manganeso desempeña un papel relevante para lograr un futuro con niveles bajos de carbono, ya que éste se usa cada vez más en las industrias de energía renovable, porque las estructuras de las turbinas eólicas, las palas y los paneles solares utilizan acero. Además, el manganeso se utiliza en la producción de baterías de celda seca utilizadas para impulsar vehículos eléctricos.

Cifras de la Cámara Minera de México (CAMIMEX)[5] indican que en el año 2023 el sector minero-metalúrgico en México generó 424,000 empleos (Figura II.5).




Fuente: IMSS

*Figura II.5. Empleos en la industria Minero-Metalúrgica 2015-2023*

Para 2024, la CAMIMEX[6] reportó una contribución del manganeso del 9.4 % del valor de la producción de minerales siderúrgicos.

Compañía Minera Autlán es el principal productor de manganeso en México, además de Centro y Norteamérica, y es el único productor de nódulos de manganeso en el mundo. Su unidad de manganeso se divide en minería y ferroaleaciones de manganeso, destinadas principalmente al sector del acero.

De acuerdo con la Secretaría de Economía[7], las fortalezas de la minería mexicana son:

- Estabilidad macroeconómica.
- Ubicación geográfica estratégica.
- Mano de obra calificada.
- Certeza jurídica mediante la aplicación de reglamentos y procedimientos transparentes que facilitan la inversión.
- Depósitos de clase mundial.
- Tradición histórica como país minero.
- Líder mundial en producción de plata.
- Sólo el 30 % del territorio nacional ha sido explorado[8].

[5] Cámara Minera de México, 2023
[6] Cámara Minera de México. 2024. *Informe Anual*.
[7] *La Minería es una Industria Comprometida con las Comunidades y el Medio Ambiente.*
[8] Dirección General de Desarrollo Minero, Subsecretaría de Minería, Secretaría de Economía

## II.1.4. Ubicación Física y dimensiones del proyecto

El **Proyecto** se localiza en la región mineralizada de Molango y, dentro de ésta, en el Distrito Minero Molango. Tiene incidencia en nueve municipios del estado de Hidalgo: Tepehuacán de Guerrero, Tlanchinol, Lolotla, Molango de Escamilla, Xochicoatlán, Eloxochitlán, Metztitlán, Zacualtipán de Ángeles y Juárez Hidalgo (Figura II.6).

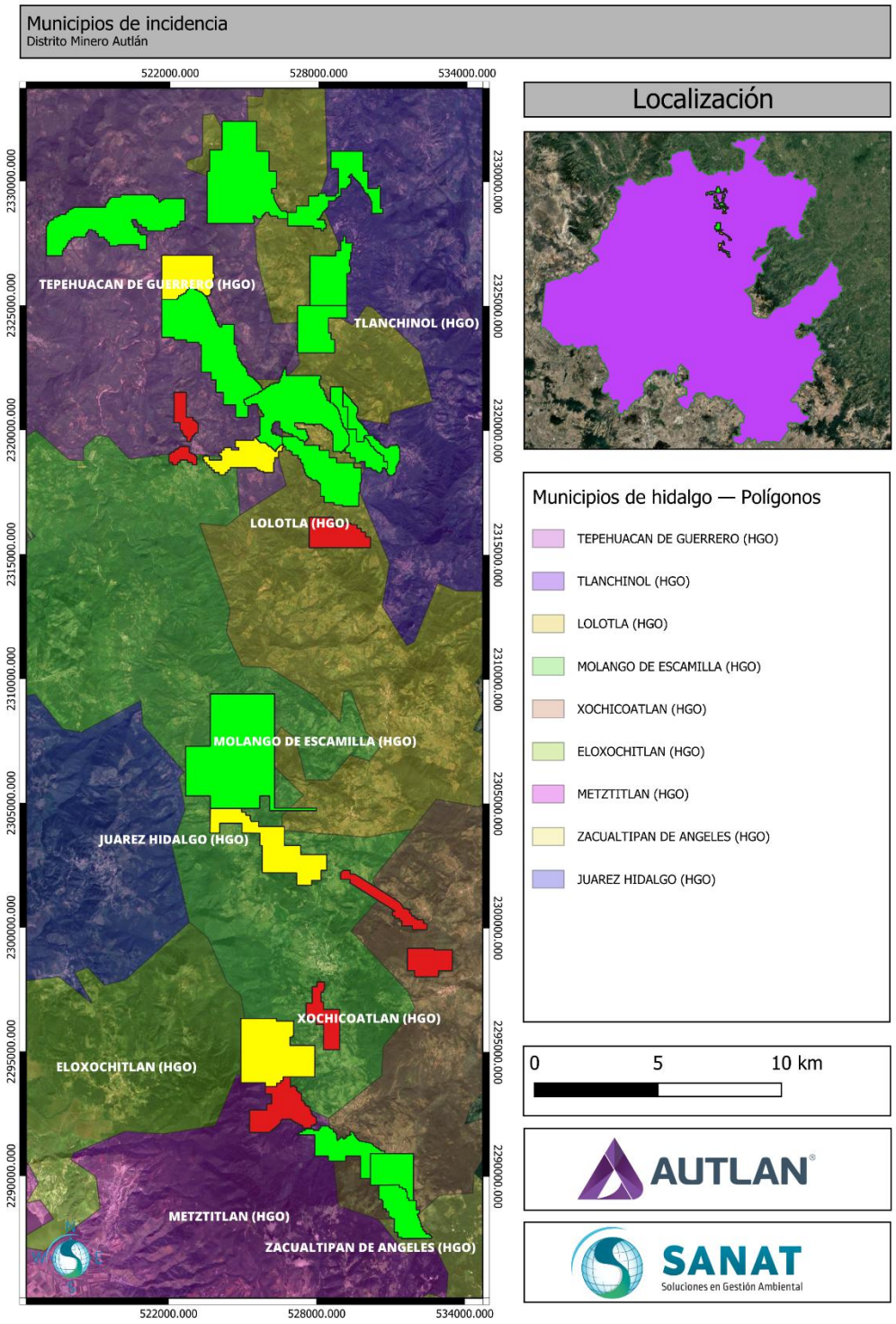
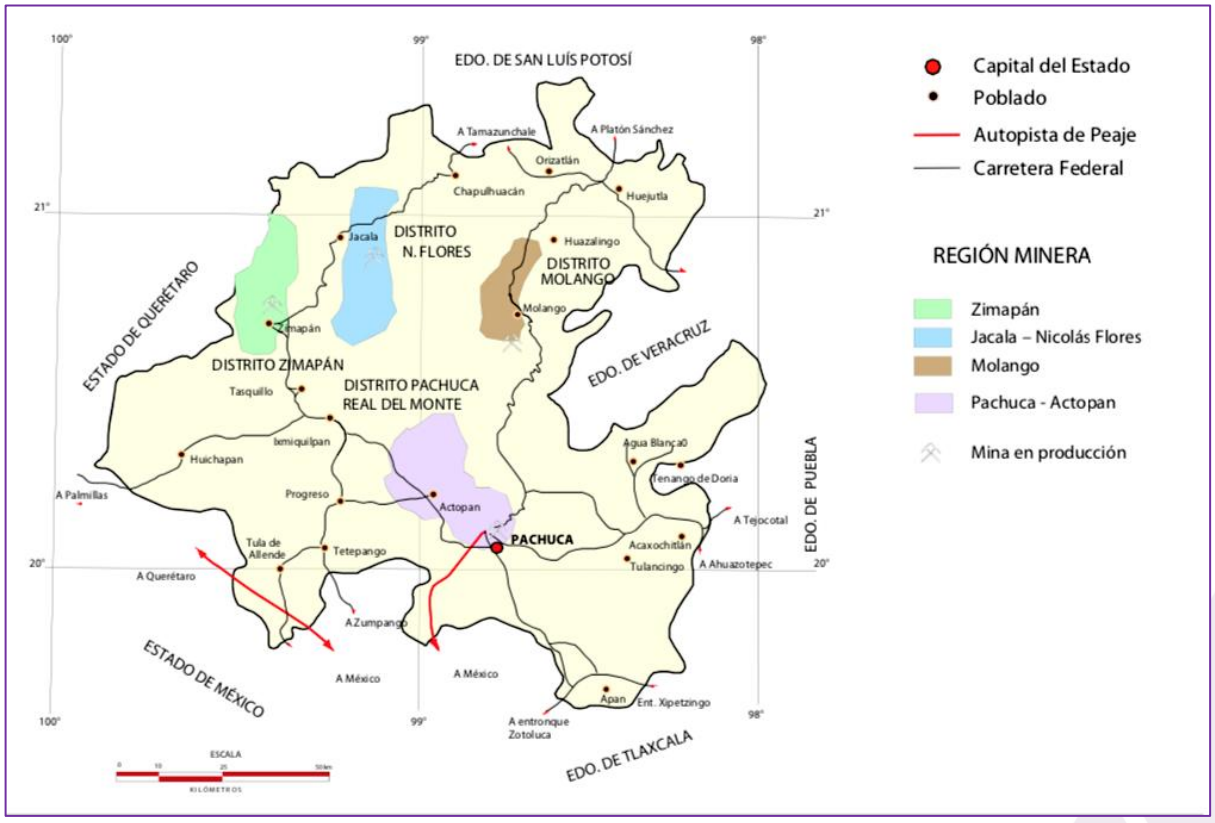



*Figura II.6. Localización del proyecto, municipios de incidencia*

La región mineralizada de Molango se sitúa en el extremo noreste del estado de Hidalgo, aproximadamente a 260 km de la ciudad de México. Está comprendida dentro de los municipios Lolotla, Molango, Tepehuacán de Guerrero, Tlanchinol y Xochicoatlán. Abarca aproximadamente 1,250 km² y es reconocido como uno de los depósitos de manganeso más importantes a nivel mundial, siendo el único de escala industrial en Centro y Norteamérica (Figura II.7).




Fuente: Secretaría de Economía, Servicio Geológico Mexicano. 2020. *Monografía Geológico-Minera del Estado de Hidalgo.*

***Figura II.7. Localización del Distrito Minero Molango***

En esta región se ubica el Distrito Minero Molango, que comprende dos zonas mineralizadas: Chipoco y Naopa (Figura II.8). En la zona mineralizada Chipoco se encuentran yacimientos manganesíferos que son aprovechados por las minas Acoxcatlán, Tetzintla, Acuatitla y el Tajo Acuatitla.

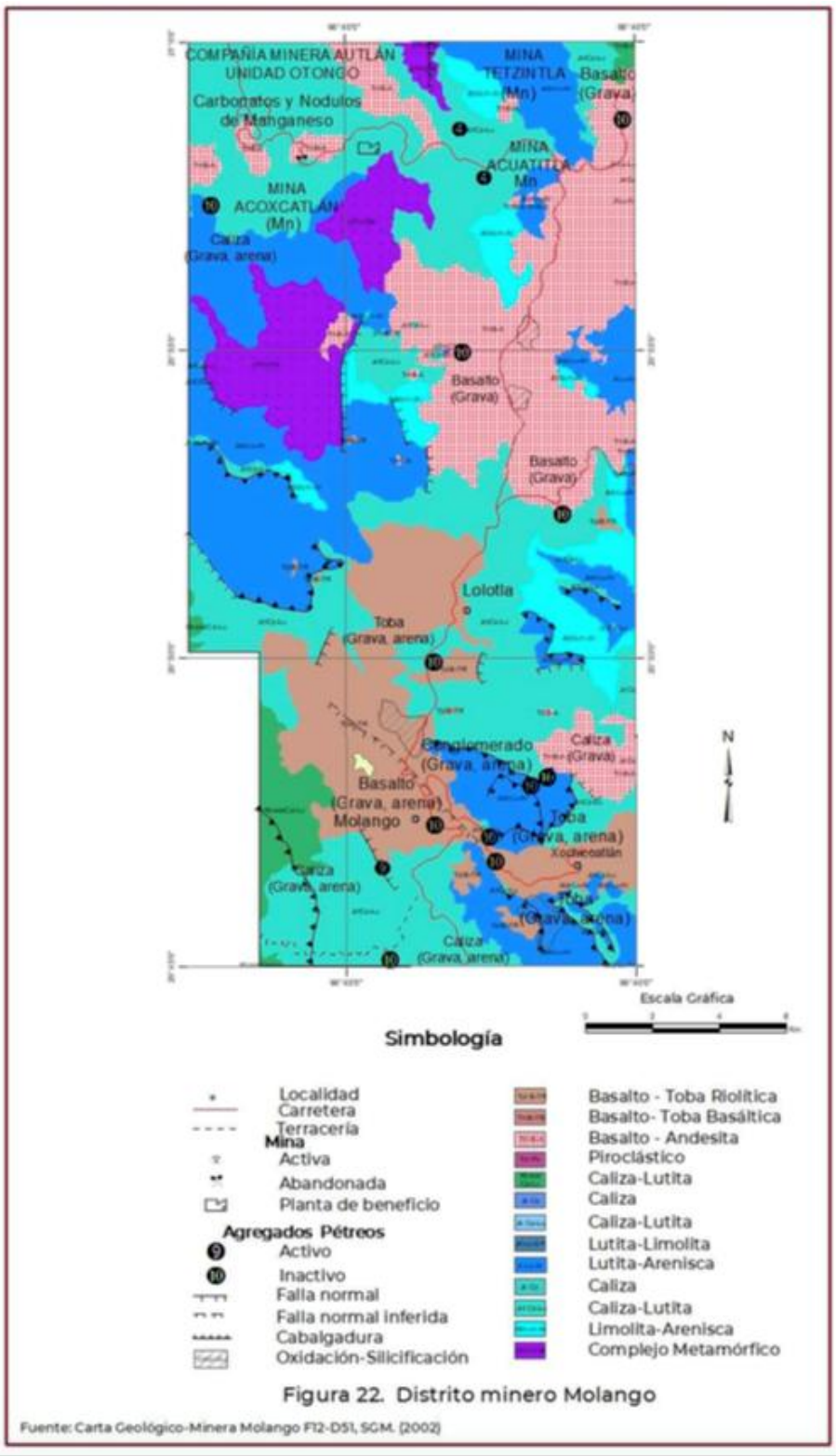



Figura 22. Distrito minero Molango

Fuente: Carta Geológico-Minera Molango F12-D51, SGM. (2002)

Fuente: Secretaría de Economía, Servicio Geológico Mexicano. 2020. *Monografía Geológico-Minera el Estado de Hidalgo.*

***Figura II.8. Distrito Minero Molango***

Dentro del Distrito Minero Molango se encuentran las tres unidades mineras que opera Compañía Minera Autlán (Figura II.9), así como las áreas de interés de exploración:

- **Unidad Molango**: Inició operaciones en 1960 y comprende una mina subterránea. Esta unidad cuenta con una planta de nodulización inaugurada en 1968, ubicada en los municipios de Lolotla, Molango y Tepehuacán de Guerrero.
- **Unidad Nonoalco**: Operativa desde 1964, se sitúa en el municipio de Xochicoatlán. Esta unidad cuenta con plantas de concentración de manganeso.
- **Unidad Naopa**: Localizada en el centro del distrito minero, esta unidad posee reservas probadas de carbonatos de manganeso explotables a tajo abierto, así como reservas de óxidos de manganeso. Su ubicación es estratégica para las operaciones de las unidades Molango y Nonoalco.
- **Áreas de interés de exploración**: Áreas de estudio que busca encontrar zonas mineralizadas de interés económico.

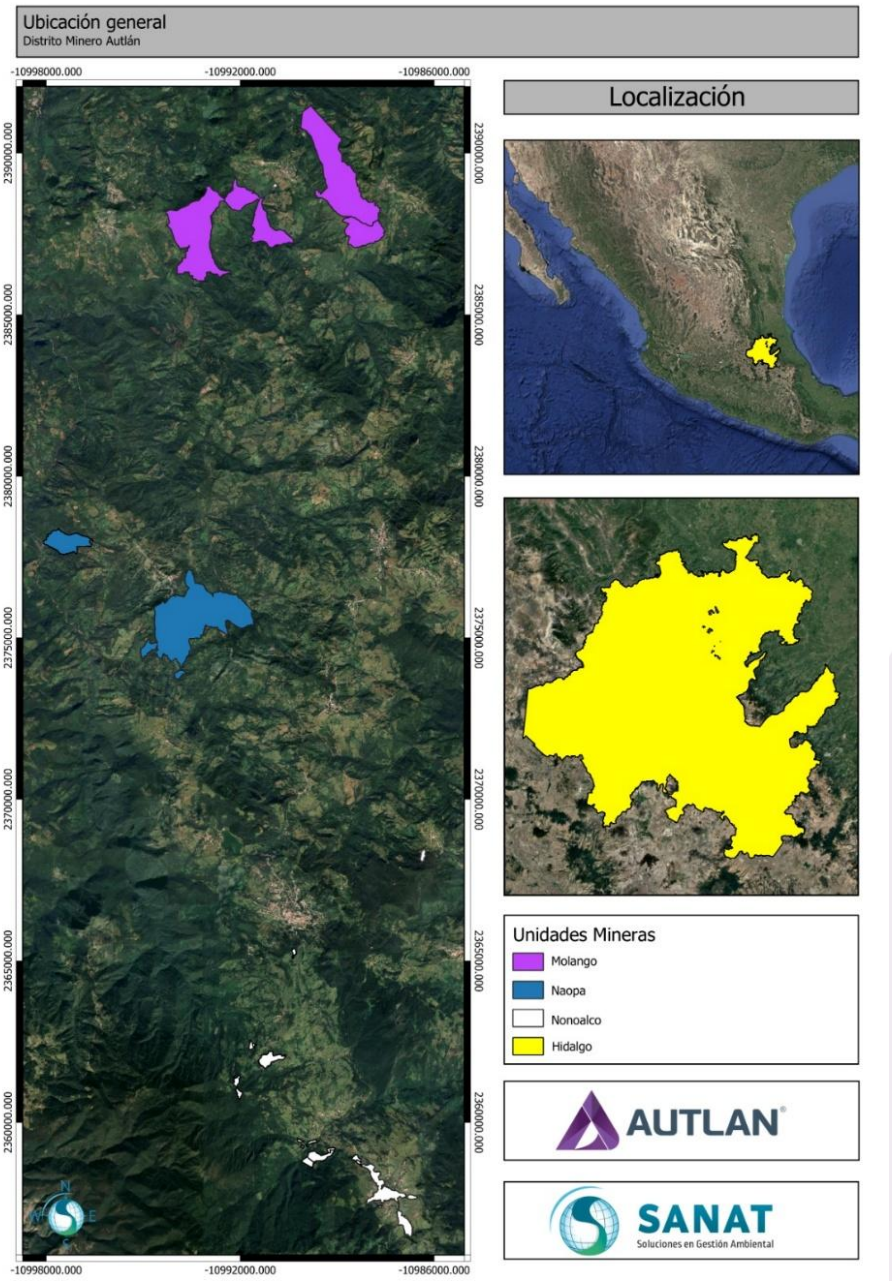
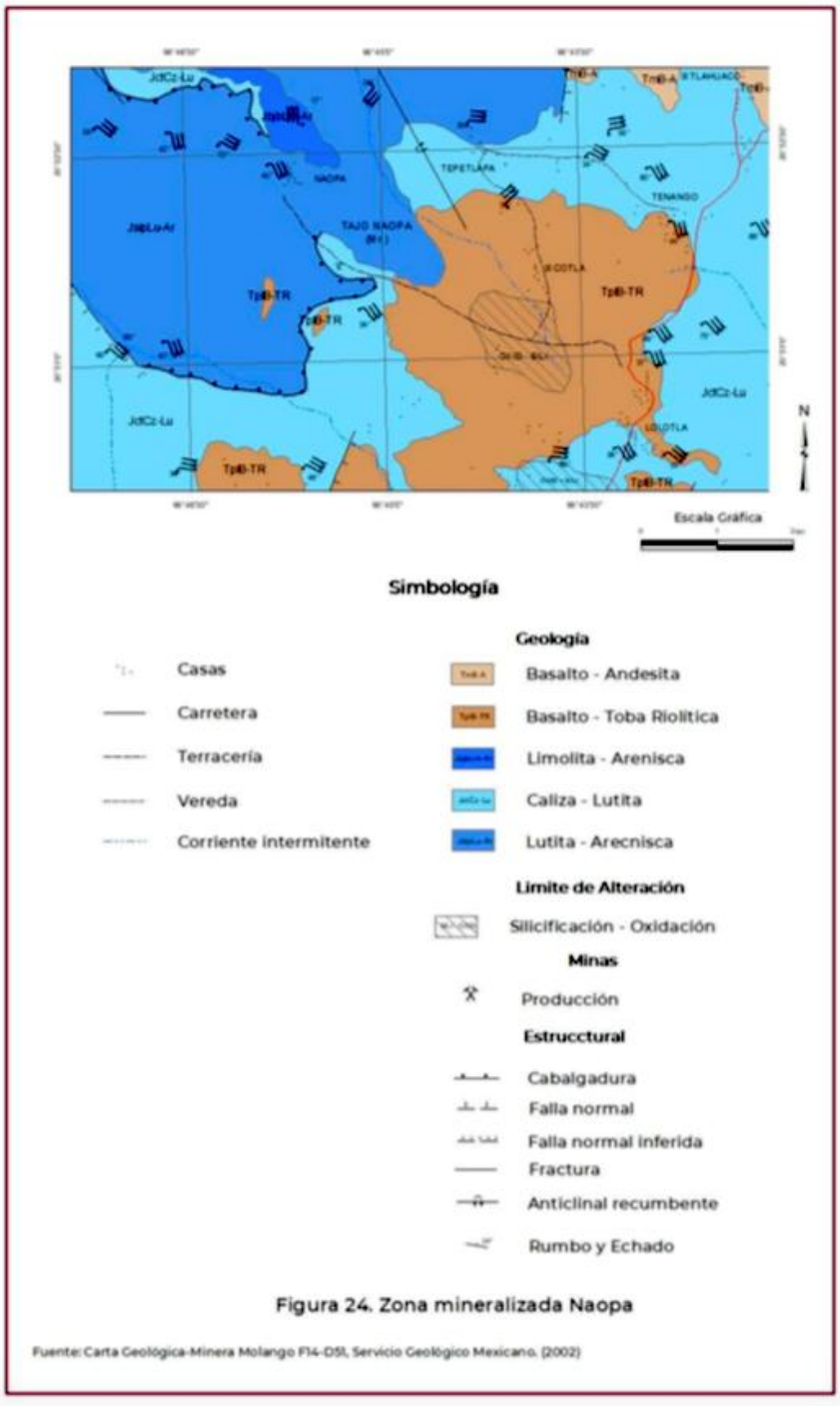



*Figura II.9. Unidades mineras de Compañía Minera Autlán*

Los yacimientos manganesíferos en la zona mineralizada Naopa (Figura II.10) son los que son explotados en el Tajo Naopa de Compañía Minera Autlán.

Los mapas de localización del **Proyecto Distrito Minero Autlán** y de cada una de las unidades que lo componen, así como de las áreas de interés de exploración se presentan en las Figuras II.11 a II.15.




Fuente: Secretaría de Economía, Servicio Geológico Mexicano. 2020. *Monografía Geológico-Minera el Estado de Hidalgo.*

***Figura II.10. Zona Mineralizada Naopa***

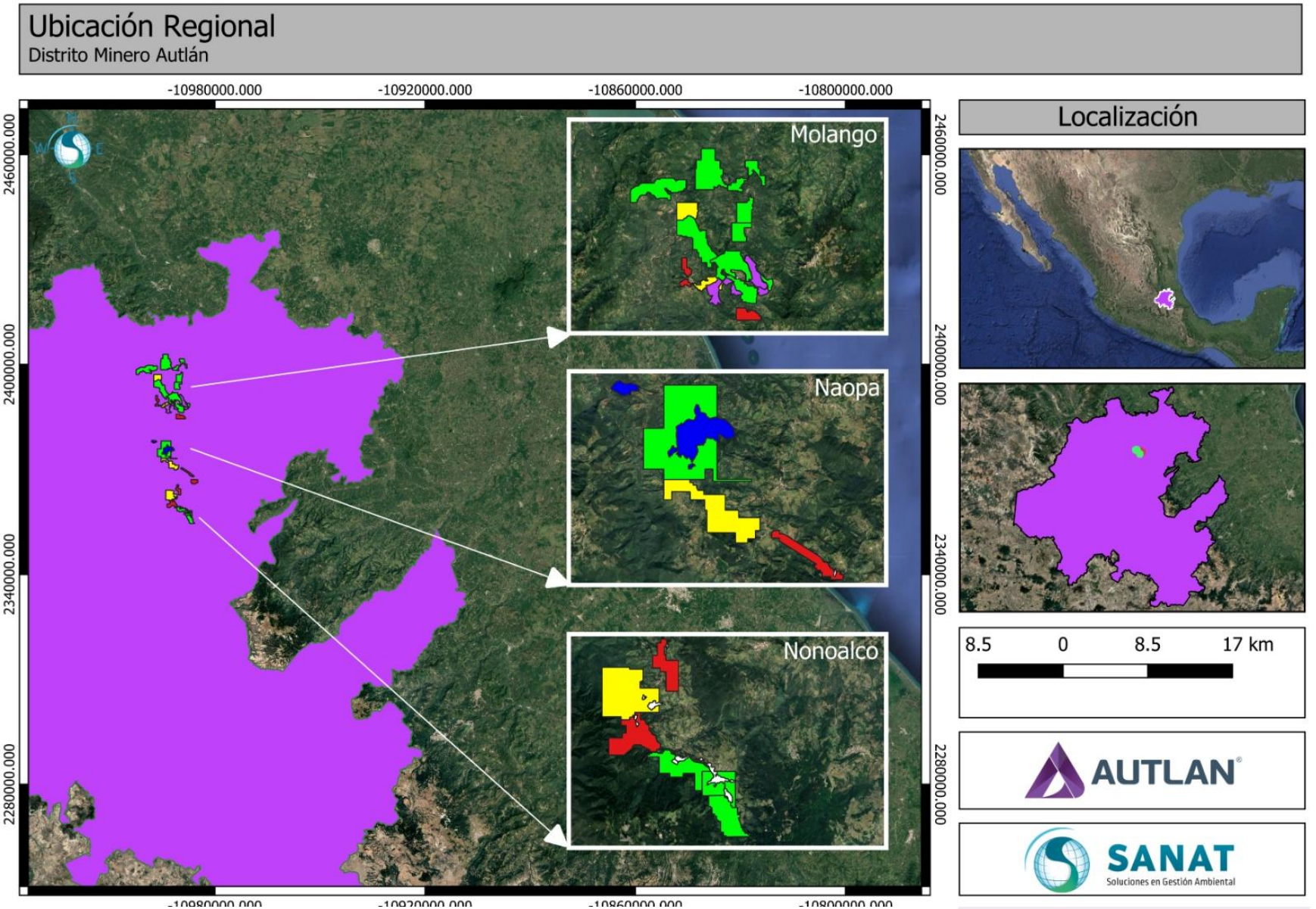



*Figura II.11. Localización del Proyecto Distrito Minero Autlán y las tres unidades de Compañía Minera Autlán*

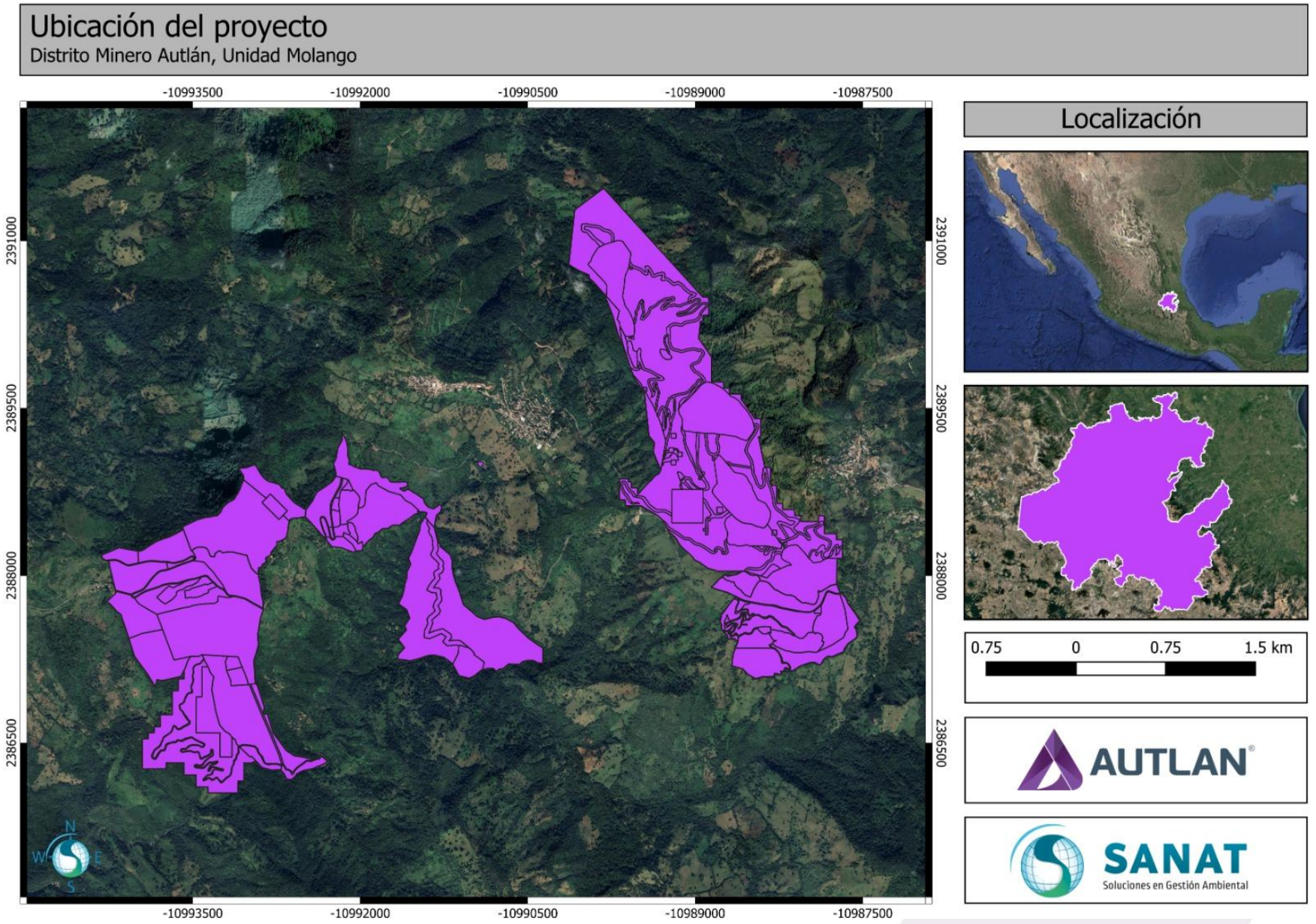



*Figura II.12. Localización de la Unidad Molango*

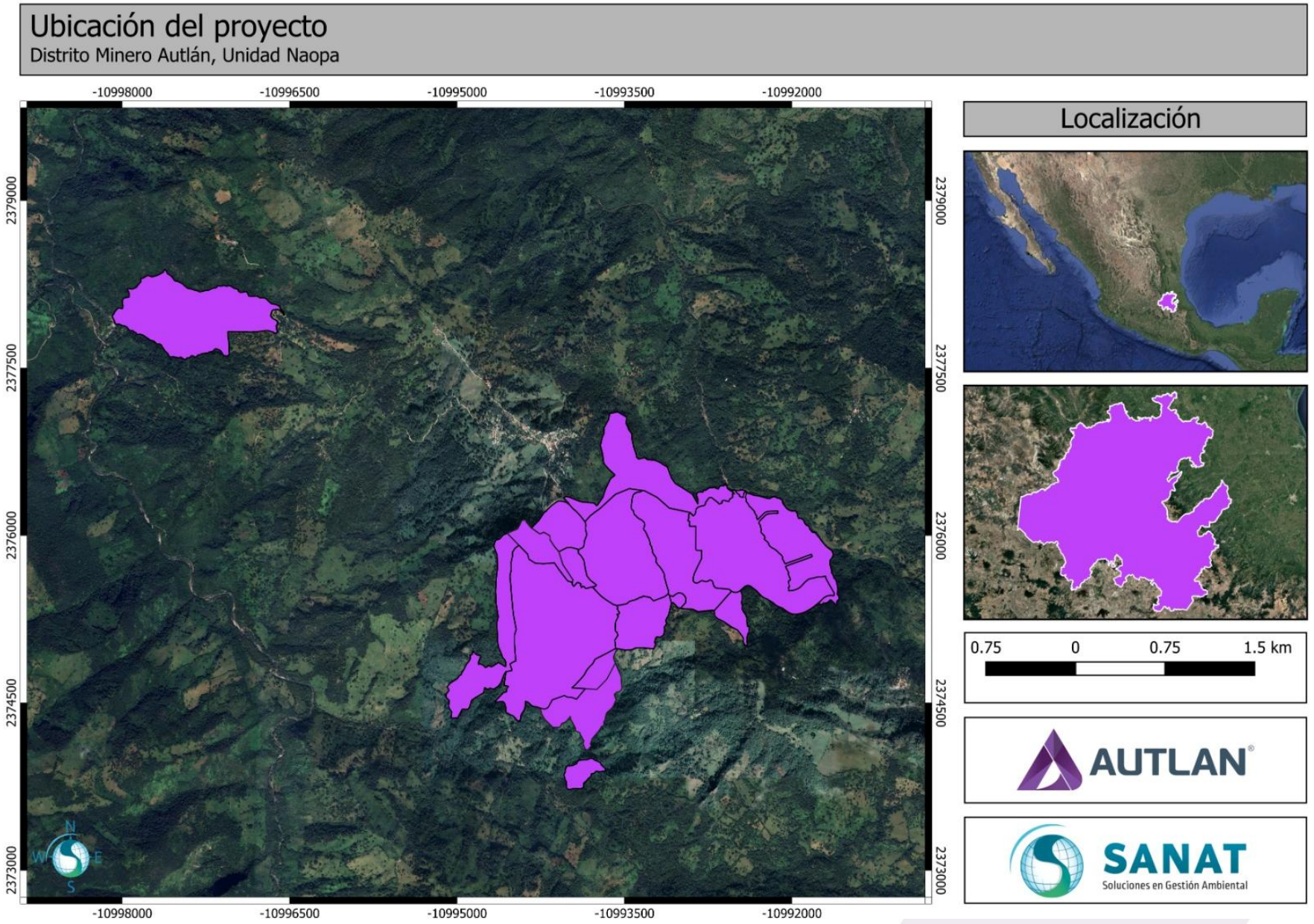



*Figura II.13. Localización de la Unidad Naopa*

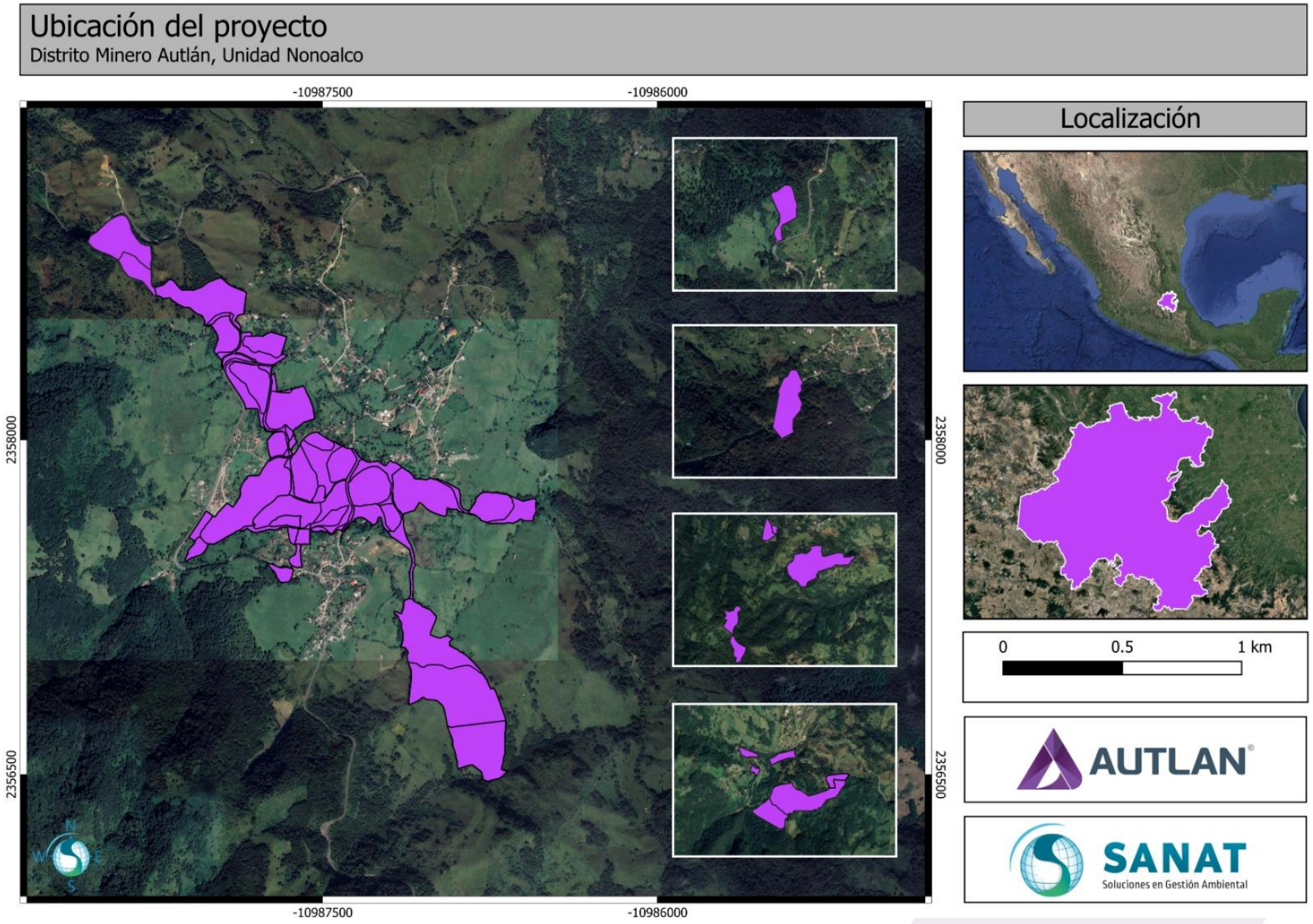



*Figura II.14. Localización de la Unidad Nonoalco*

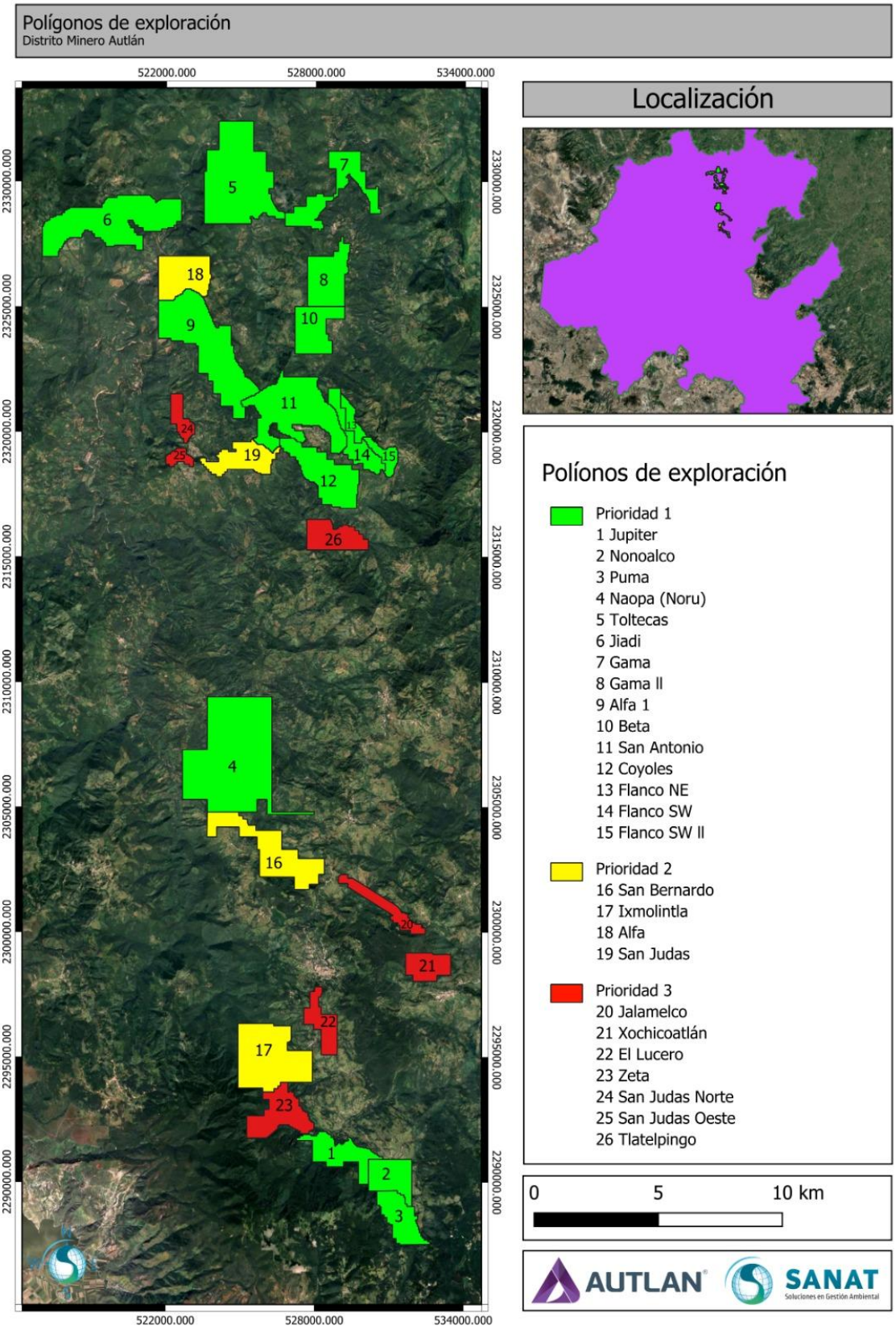



*Figura II.15. Polígonos de Interés de Exploración*

### II.1.5. Inversión requerida

Para el desarrollo de las nuevas obras de expansión del proyecto, se estima una inversión de **66 millones de dólares (1,350,932,220 pesos mexicanos[9])**, de la cual aproximadamente **30 millones de pesos**, **serán destinados para el cumplimiento de la normatividad ambiental**, durante el período de permanencia y operación de la unidad minera que se tiene comprobado hasta hoy, que son 10 años. Esos recursos serán aplicados en las medidas de mitigación y para las acciones de control ambiental durante las diferentes etapas del proyecto.

No obstante, el plazo operativo del Proyecto estará determinado por los resultados de la exploración que pretende realizarse, que, de resultar favorables, podrán ampliar la vida útil a 50 años.

Los costos de inversión bajo el rubro *"aplicación de medidas de prevención y mitigación"*, han sido calculados con base en la ejecución de las medidas de mitigación que se proponen en el Capítulo VI de este documento, aplicables a las diferentes etapas del Proyecto, como son: el manejo integral de residuos peligrosos, ejecución de actividades de monitoreo de agua y aire de acuerdo a requerimientos normativos, la prevención de la contaminación del suelo, el manejo integral de residuos especiales y sólidos urbanos, la contratación de sanitarios portátiles; la ejecución de los programas de rescate y protección de flora y fauna silvestre para las obras pendientes de construcción que así lo requieran; reforestación y restauración. Todas las medidas, ampliamente descritas en este documento, se integrarán al Plan de Vigilancia Ambiental que se elabore en su momento, considerando también el cumplimiento de los Términos y Condicionantes que se establezcan en el resolutivo en materia de impacto ambiental, en caso de que éste sea favorable.

## II.2. Características particulares del proyecto, plan o programa

Dado que el proceso minero atraviesa por diversas etapas de desarrollo con períodos de maduración variables, su avance depende de factores como el capital disponible, las reservas inferidas y comprobadas, la magnitud del proyecto y el tipo de mineral, entre otros aspectos. Por ello, la minería es una actividad de mediano a largo plazo.

En este contexto, los programas de exploración que la promovente ha ejecutado y continúa desarrollando, han generado la información necesaria y suficiente para evaluar la factibilidad del incremento en la recuperación de mineral, permitiendo a la compañía planificar el desarrollo de nuevas áreas operativas y respaldando la propuesta de crecimiento que se propone en este documento.

Con base en lo anterior, **se prevé la expansión de ciertas obras**, las cuales estarán debidamente señaladas en los apartados correspondientes con la leyenda "expansión requerida", cuando aplique. Asimismo, se plantea la integración de obras dentro de polígonos que han estado en operación desde hace tiempo.

En términos generales, **se plantea una reestructuración que unifique la organización y distribución de las áreas operativas, con el objetivo de clarificar la ocupación de terrenos y superficies, considerando que las obras han ido incorporando modificaciones autorizadas**.

Esta reestructuración permitirá visualizar de manera integral el distrito minero, incluyendo las tres unidades mineras, los nuevos proyectos de exploración y las áreas de interés geológico. En conclusión, este estudio busca unificar las áreas operativas, optimizando la ocupación espacial, y facilitando una gestión administrativa y operativa más eficiente.

[9] Al tipo de cambio del dólar estadounidense del 19 de febrero de 2025)

## II.2.1. Programa de trabajo

En la Tabla II.6 se expone el Programa de Trabajo Integral para la totalidad de las obras y actividades que conforman al **Proyecto Distrito Minero Autlán.** Ello significa que, atendiendo a la clasificación de las áreas por su naturaleza, se incluyen en él:

- Áreas Nuevas
  - Tepetatera Guadalupe
  - Propuesta de Relleno Sanitario
  - Áreas verdes
- Áreas previas a la LGEEPA
- Áreas autorizadas
  - Tajo Naopa
  - Modificación Tajo Naopa
  - Tajo Acuatitla
  - Proyecto Stainert (dentro del área autorizada para el Tajo Acuatitla)
- Áreas de interés de exploración

La presentación, sin embargo, se aborda por áreas y actividades principales, a efecto de que dicha agrupación por concepto facilite la comprensión de la temporalidad prevista.

La calendarización se presenta para las etapas de Preparación del Sitio y Construcción, Operación, y Cierre Progresivo.

**Etapa de Preparación del sitio y Construcción**

La programación de esta etapa aplica para las obras y actividades que se proponen como nuevas, así como algunas áreas operativas y actividades, tanto autorizadas como previas a la LGEEPA, que son de desarrollo progresivo. Éstas se integran en los siguientes conceptos de planeación:

- Exploración.
- Evaluación geológica.
- Explotación Tajo Naopa.
- Explotación subterránea.
- Tepetateras (Norte, Arcillas, Sur y Guadalupe) y Terrero de Ley Intermedia.
- Depósitos de lodos o jales
- Canales de desvío y perimetrales.

Las actividades de Preparación del Sitio y Construcción se agrupan, en tanto que todos los conceptos de planeación referidos anteriormente son de desarrollo progresivo y no se realizarán en sentido estricto actividades constructivas, toda vez que:

**a.** Las actividades por desarrollar en las Áreas de Evaluación Geológica y en la exploración, no involucran formalmente labores constructivas; son, también, sucesivas y progresivas; y se encuentran sujetas a un plan de trabajo particular, dependiendo de su nivel de prioridad.

**b.** El desarrollo del tajo y la explotación subterránea se realizan de manera secuencial.

**c.** En la conformación de las tepetateras y Terrero de Ley Intermedia las labores de preparación (despalme, desmonte y conservación de suelo) se realizarán gradualmente, por áreas, conforme se avanza en su desarrollo, de manera que no es posible realizar una división temporal tajante entre preparación y desarrollo (construcción). Es decir, ambas etapas son sucesivas y progresivas.

**d.** Para el Relleno Sanitario no existe aún una fecha prevista de ejecución. Actualmente, el proyecto ejecutivo de la obra se encuentra en desarrollo. En su momento, dicho proyecto, que atenderá a todas las especificaciones que dicta la Norma Oficial Mexicana NOM-083-SEMARNAT-2003, se someterá a consideración de la autoridad ambiental en el estado de Hidalgo, para obtener la autorización de impacto ambiental correspondiente, antes de iniciar su construcción.

En el momento actual, la superficie prevista para el relleno sanitario se declara parte integral, futura, del proyecto **DMA**, quedando incluida en el concepto de obras de apoyo y auxiliares; sin embargo, al no ser una obra de jurisdicción federal en materia ambiental, no se refleja su etapa de construcción en el cronograma de trabajo de la Tabla II.6.

**e.** La construcción de depósitos de lodo y canales se realiza en la medida en que dichas obras son necesarias por el desarrollo del tajo y la conformación de las tepetateras.

**f.** La conformación de las áreas verdes, igualmente, se desarrollará progresivamente en los sitios en donde a partir de los resultados de los trabajos de evaluación geológica y exploración, determinen un bajo potencial para el desarrollo minero.

**Etapa de Operación:**

La programación de esta etapa se presenta para todas las áreas (nuevas, previas a la LGEEPA, autorizadas y de interés de exploración), con excepción de los tajos fuera de operación (Acuatitla, Comextetitla, San Fernando, Los Naranjos, Las Cuevas y Tetzintla).

Se incluyen en esta etapa las actividades de mantenimiento que se realizan regularmente conforme a las necesidades del equipo y la maquinaria.

En el caso de las obras y áreas operativas que son previas a la LGEEPA, así como las que cuentan con autorización, la Etapa de Operación implica solamente la continuidad de las actividades y procesos que se han venido desarrollando, en apego a:

**a.** Las condicionantes establecidas en las autorizaciones correspondientes.

**b.** Las mejores prácticas y medidas ambientales adoptadas por la compañía.

**c.** Las disposiciones técnicas y medidas ambientales que determine la autoridad al resolver la solicitud que acompaña a esta Manifestación de Impacto Ambiental.

**Etapa de Cierre Progresivo:**

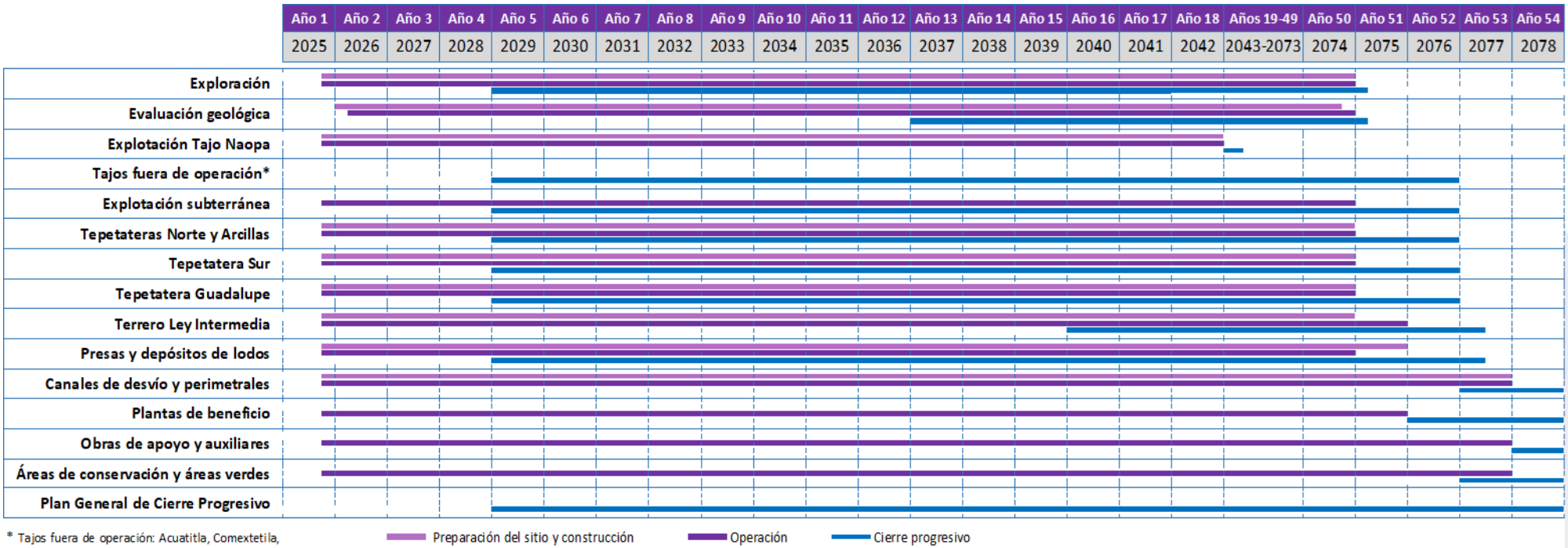
La programación de esta etapa se presenta para todas las áreas (nuevas, previas a la LGEEPA, autorizadas y de interés de exploración). Se incluye aquí:

**a.** La continuidad de actividades de restauración que ya se han iniciado en algunos polígonos.

**b.** El inicio de labores de cierre y restauración en las áreas en donde los resultados de los trabajos de evaluación geológica y exploración determinen inviable la explotación (condenación minera[10])

[10] En minería, el concepto de *condenación* se refiere al proceso de declarar un área o un cuerpo mineralizado como no explotable debido a diversas razones técnicas, económicas, ambientales o de seguridad. Esto implica que, tras estudios geológicos, mineros y metalúrgicos, se determina que no es viable extraer el mineral en esa zona.

*Tabla II.6. Programa de Trabajo del Proyecto DMA*




* Tajos fuera de operación: Acuatitla, Comextetila, San Fernando, Los Naranjos, La Cueva y Tezintla. El cierre no será de manera simultánea en todos los tajos,

La construcción de tajos, tepetateras, terreros, presas y depósitos de lodos dura toda la etapa operativa porque crecen conforme al avance operativo.

Conforme a la planificación mostrada, el **proyecto DMA considera, en su conjunto, una vida operativa de 53 años adicionales (hasta el año 2078)**. No obstante, se estima que dicho período es susceptible de ampliarse, en la medida en que los resultados de los estudios geológicos y la exploración que se realicen confirmen nuevas reservas.

Los parámetros de temporalidad del proyecto se resumen en la Tabla II.7.

*Tabla II.7. Parámetros de temporalidad del Proyecto Distrito Minero Autlán*

| Concepto | Período de desarrollo y operación | Duración (años) |
|---|---|---|
| Vida operativa del proyecto | Hasta 2078 | 53 |
| Exploración y Evaluación Geológica | 2025-2074 | 49 |
| Explotación Tajo Naopa | Hasta 2042 | 17 |
| Explotación Subterránea | Hasta 2074 | 49 |
| Depósito de tepetate (tepetateras) | Hasta 2074 | 49 |
| Depósito de mineral ley intermedia | Hasta 2074 | 49 |
| Canales de desvío y perimetrales | Hasta 2077 | 52 |
| Plantas de beneficio | Hasta 2075 | 50 |
| Obras de apoyo y auxiliares | Hasta 2053 | 29 |
| Áreas de Conservación y Áreas Verdes | Hasta 2077 | 52 |
| **Cierre Progresivo** | | |
| Plan General | 2029-2078 | 49 |
| Áreas de Exploración | 2029-2075 | 46 |
| Áreas de Evaluación Geológica | 2037-2075 | 38 |
| Tajo Naopa | 2043-2052 | 9 |
| Tajos fuera de operación | 2029-2076 | 47 |
| Mina subterránea | 2029-2076 | 47 |
| Tepetateras | 2029-2076 | 47 |
| Terrero Ley Intermedia | 2040-2077 | 37 |
| Depósitos de lodos | 2029-2077 | 48 |
| Canales de desvío y perimetrales | 2077-2078 | 2 |
| Plantas de beneficio | 2076-2078 | 3 |
| Obras de apoyo y auxiliares | 2078 | 1 |
| Áreas de Conservación y Áreas Verdes | 2077-2078 | 2 |

Considerando la naturaleza del proyecto y su integración de obras y áreas de tres unidades mineras, operativamente correlacionadas, resulta fundamental para la compañía garantizar la continuidad de las actividades, las cuales se han desarrollado de manera progresiva a lo largo de varios años, bajo un modelo de gestión ambiental integral y responsable. Por ello, **es necesario que la autorización que emita la autoridad tenga una vigencia única, que abarque simultáneamente todas las etapas del proyecto y surta efectos desde la emisión del resolutivo**. De lo contrario, la suspensión de actividades mientras entra en vigor la resolución —especialmente si se sujeta al cumplimiento de vigencias parciales— tendría implicaciones económicas, ambientales y sociales significativas.

## II.2.2. Descripción de Obras

Dada la complejidad del **Proyecto**, que incluye a las tres unidades de Compañía Minera Autlán, se establecieron **seis (6) Polígonos de Agrupación** que integran espacialmente al conjunto de obras y áreas que forman parte de este proyecto, facilitando con ello el análisis espacial y descriptivo (Figura II.16).

Cabe señalar que en el **Anexo II.5** en versión electrónica de este documento, se presentan los archivos de coordenadas en Excel en formato csv delimitado por comas, mismos que fueron verificados en el Sistema de Información Geográfica para la Evaluación de Impacto Ambiental SIGEIA de la SEMARNAT; en el **Anexo II.6** de la versión electrónica, se presentan los archivos Shapefile y Kml correspondientes. El soporte fotográfico incluyendo los sobrevuelos con dron, así como un video para actividades de exploración, también se presentan de manera electrónica en el **Anexo II.7**. Las fotografías fueron tomadas con cámara provista de GPS, se puede confirmar que la toma fotográfica corresponde al sitio correspondiente, para esto se debe abrir el menú de propiedades del archivo electrónico y en la pestaña "detalles" se aprecian las coordenadas.

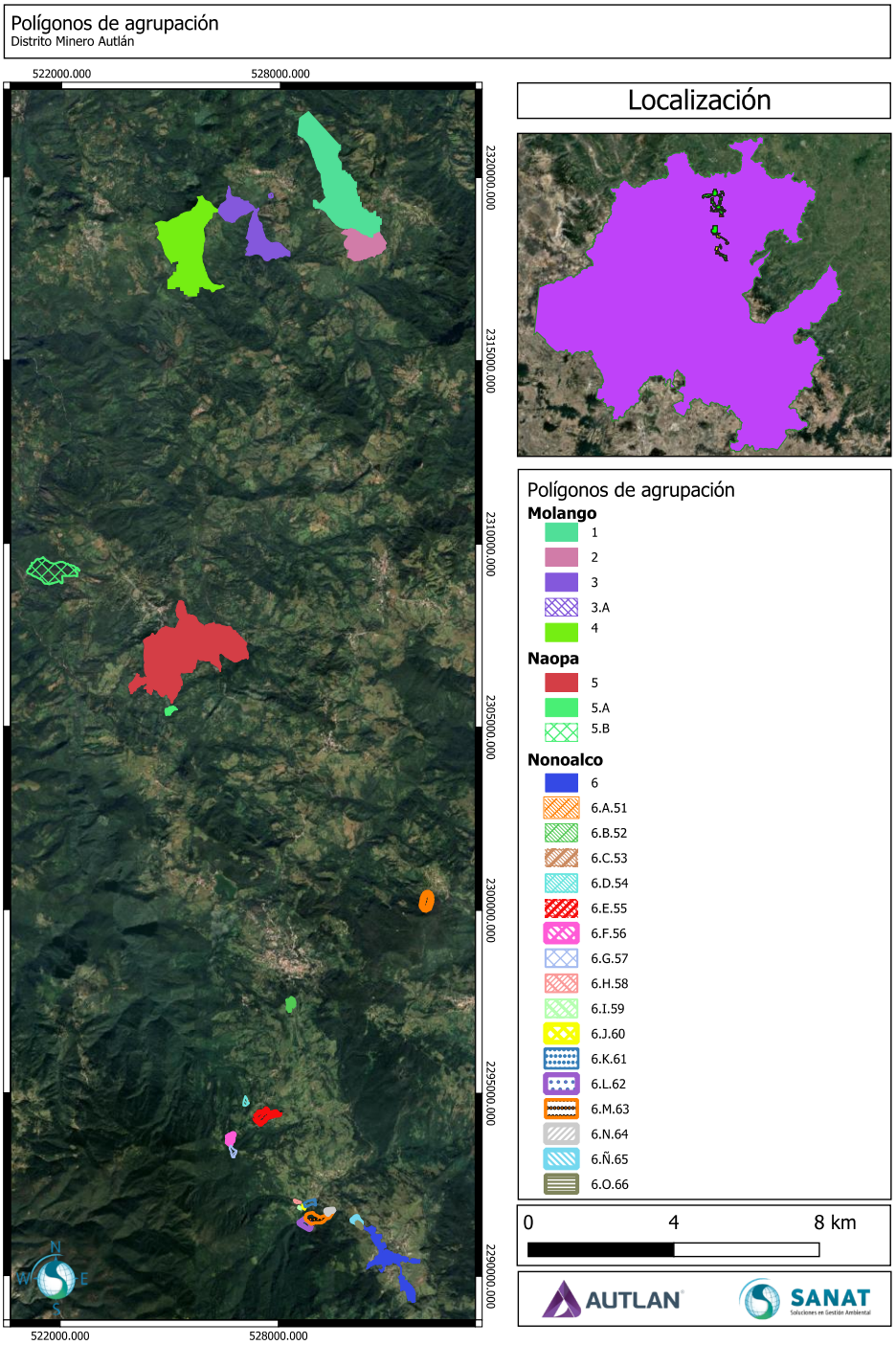



*Figura II.16. Polígonos de agrupación del proyecto Distrito Minero Autlán*

En la Tabla II.8 se expone un concentrado de las áreas y obras que integran a las tres unidades del **Proyecto**, identificando el polígono de agrupación en que se encuentra, el tipo de obra (previa a la ley, autorizada, expansión requerida) y la etapa en que se encuentra (proyectada, en operación, en cierre). Posteriormente se aborda la descripción detallada de cada una.

*Tabla II.8. Concentrado de áreas y obras del Proyecto Distrito Minero Autlán por unidad minera*

| ID | | Nombre del área | Tipo | Etapa | Superficie (ha) |
|---|---|---|---|---|---|
| **Molango** | | | | | |
| 1 | 1.1 | Tajo San Fernando | Previa - 0bra Minera | O-C | 17.5002 |
| 1 | 1.2 | Tajo Los Naranjos | Previa - Obra Minera | O-C | 0.5313 |
| 1 | 1.3 | Tajo Comextetitla | Previa - Obra Minera | O-C | 14.081 |
| 1 | 1.4 | Tiradero - Vaciadero 4 (Tepetatera 4) | Previa - Obra Minera | O-C | 0.7195 |
| 1 | 1.5 | Tiradero - Vaciadero 3 (Tepetatera 3) | Previa - Obra Minera | O-C | 7.8464 |
| 1 | 1.6 | Tiradero - Vaciadero 1 (Tepetatera 1) | Previa - Obra Minera | O-C | 19.9 |
| 1 | 1.7 | Tiradero - Vaciadero 5 (Tepetatera 5) | Previa - Obra Minera | O-C | 1.1115 |
| 1 | 1.8 | Área de extracción y Deposito (Tajo Tetzintla y Tajo La Cueva) | Previa - Obra Minera | O-C | 14.8992 |
| 1 | 1.9 | Antigua planta P.M.P. (almacén temporal de residuos peligrosos) | Previa - Obra Minera | O-C | 7.2913 |
| 1 | 1.10 | Acceso a mina 1 | Previa - Obra Minera | O-C | 0.057 |
| 1 | 1.11 | Acceso a mina 2 | Previa - Obra Minera | O-C | 0.1288 |
| 1 | 1.12 | Acceso a mina 3 | Previa - Obra Minera | O-C | 0.1288 |
| 1 | 1.13 | Acceso a mina 4 | Previa - Obra Minera | O-C | 0.031 |
| 1 | 1.14 | COT-Chiconcuac 1 | Previa - Obra Minera | O-C | 5.1491 |
| 1 | 1.15 | COT-Chiconcuac 2 | Previa - Obra Minera | O-C | 1.32 |
| 1 | 1.16 | Robbin 30 | Previa - Obra Minera | O-C | 0.16 |
| 1 | 1.17 | Robbin 106 | Previa - Obra Minera | O-C | 0.04 |
| 1 | 1.18 | Robbin 107 | Previa - Obra Minera | O-C | 0.04 |
| 1 | 1.19 | Robbin 126 | Previa - Obra Minera | O-C | 0.04 |
| 1 | 1.20 | Robbin 18 | Previa - Obra Minera | O-C | 0.0508 |
| 1 | 1.21 | Robbin 11 | Previa - Obra Minera | O-C | 0.2405 |
| 1 | 1.22 | Robbin 104 | Previa - Obra Minera | O-C | 0.04 |
| 1 | 1.23 | Robbin 8 | Previa - Obra Minera | O-C | 0.04 |
| 1 | 1.24 | Robbin 96 | Previa - Obra Minera | O-C | 0.16 |
| 1 | 1.25 | Robbin 54 | Previa - Obra Minera | O-C | 0.16 |
| 1 | 1.26 | Robbin 51 | Previa - Obra Minera | O-C | 0.16 |
| 1 | 1.27 | Robbin 73 | Previa - Obra Minera | O-C | 0.04 |
| 1 | 1.28 | Robbin 13 | Previa - Obra Minera | O-C | 0.04 |
| 1 | 1.29 | Robbin CMX_2 | Previa - Obra Minera | O-C | 0.0481 |
| 1 | 1.30 | Robbin 15 | Previa - Obra Minera | O-C | 0.04 |
| 1 | 1.31 | Caminos | Previa - Apoyo O* | O-C | 30.0069 |
| 1 | 1.32 | Áreas intermedias | Previa - Apoyo O* | O-C | 161.7012 |
| | | | | | |
| 2 | 2.1 | Las moras: Contrapozo Accesos La Mora Tiradero 4 | Previa - Obra Minera | O-C | 3.2817 |
| 2 | 2.2 | Áreas de servicio: Contra pozos Accesos La Mora Tiradero 4 | Autorizada - Obra Minera | O-C | 10.1644 |
| 2 | 2.3 | Contra pozo 3 | Autorizada - Obra Minera | O-C | 0.0275 |
| 2 | 2.4 | Contra pozo 2 | Autorizada - Obra Minera | O-C | 0.0281 |
| 2 | 2.5 | Contra pozo 1 | Autorizada - Obra Minera | O-C | 0.2423 |
| 2 | 2.6 | Bocamina Tampoch: Boca mina Talleres Bodegas Caseta de Policía Instalaciones del Concreto Lanzado, patio de maniobras de equipos, almacén de transferencia de residuos, tanque de combustible, área de contratistas, | Autorizada – Apoyo O* | O-C | 0.53 |
| 2 | 2.7 | Patios Acuatitla: accesos zona de explotación | Autorizada - Apoyo O* | O-C | 3.5784 |
| 2 | 2.8 | Oficinas de Geología: Talleres, Caminos, Oficinas | Autorizada - Apoyo L** | O-C | 0.4972 |
| 2 | 2.9 | Carretera Casetas - Tepehuacán | Autorizada - Apoyo L** | O-C | 0.726 |
| 2 | 2.10 | Caseta de Policía (Vigilancia) | Autorizada - Apoyo L** | O-C | 0.047 |
| 2 | 2.11 | Caminos | Autorizada - Apoyo O* | O-C | 1.5593 |
| 2 | 2.12 | Accesos | Autorizada - Apoyo L** | O-C | 0.2702 |
| 2 | 2.13 | Subestación eléctrica | Autorizada - Apoyo O* | O-C | 0.1602 |
| 2 | 2.14 | Proyecto Stainert: concreto lanzado (con depósito de polvos) | Autorizada - Obra Minera | O-C | 5.9709 |
| 2 | 2.15 | La isla, Tajo Acuatitla: accesos Extracción de óxidos | Autorizada - Obra Minera | O-C | 8.8832 |

| ID | | Nombre del área | Tipo | Etapa | Superficie (ha) |
|---|---|---|---|---|---|
| 2 | 2.16 | Área verde 4 | Autorizada - Apoyo L** | O-C | 2.8344 |
| 2 | 2.17 | Área verde 2 | Autorizada - Apoyo L** | O-C | 4.1688 |
| 2 | 2.18 | Área verde 1 | Autorizada - Apoyo L** | O-C | 7.9633 |
| 2 | 2.19 | Área verde 3 | Autorizada - Apoyo L** | O-C | 8.7794 |
| 2 | 2.20 | Área verde 5 | Autorizada - Apoyo L** | O-C | 8.8451 |
| | | | | | |
| 3 | 3.1 | STOCK PILE | Previa - Obra Minera | O-C | 0.9106 |
| 3 | 3.2 | Planta de Beneficio: área de trituración secundaria, trituración terciaria, stock de mineral triturado, área de tolvas #2, rea de Stainert, Horno de Nodulización, área de enfriamiento, Colector de polvos, (Casa de sacos), oficinas, capacitación, almacén de materiales, talleres y mantenimiento planta, planta de tratamiento agua sanitaria, estacionamiento y áreas operativas, laboratorio de ensaye, área de producto terminado, talud de polvos, | Previa - Obra Minera | O-C | 14.7620 |
| 3 | 3.3 | UG - Coyoles: Tiradero de Concreto, Oficinas de Planeación, Oficinas de Geología, Túnel Coyoles, Patio Coyoles, Depósito de Chatarra Estacionamiento, Depósito de Polvos, Bodegas Zarpeo y Chatarra, planta de tratamiento de aguas residuales, | Previa - Apoyo O* | O-C | 4.5515 |
| 3 | 3.4 | Polígono de Servicios Energéticos y Explosivos: Diésel Subestación Polvorines Accesos, caseta de vigilancia | Previa - Apoyo O* | O-C | 0.3935 |
| 3.1 | 3.A.5 | Antigua Báscula | Previa - Apoyo L** | O-C | 0.1515 |
| 3 | 3.6 | Área de maniobras para logística | Previa - Apoyo L** | O-C | 13.4875 |
| 3 | 3.7 | Área de Infraestructura de Combustibles: Diésel | Previa - Apoyo O* | O-C | 0.2521 |
| 3 | 3.8 | Área de reabastecimiento de combustible: Bodegas, tubería de gas natural | Previa - Apoyo O* | O-C | 0.9726 |
| 3 | 3.9 | Tanque de Agua | Previa - Apoyo O* | O-C | 1.7489 |
| 3 | 3.10 | Casa de Fuerza | Previa - Apoyo O* | O-C | 1.0383 |
| 3 | 3.11 | Camino a Coyoles | Previa - Apoyo O* | O-C | 6.2716 |
| 3 | 3.12 | Carretera Otongo - Tepehuacán | Previa - Apoyo O* | O-C | 0.7411 |
| 3 | 3.13 | Polígono de Servicios de Entrada y Vigilancia: Estacionamiento Acceso Caseta de Policía | Previa - Apoyo L** | O-C | 0.6047 |
| 3 | 3.14 | Zona industrial: Oficinas, Almacenes, talleres de Piso / Automotriz Patios Laboratorio Químico, tanques de diésel, Estacionamiento, antigua planta piloto, Bodegas, almacenes de sustancias químicas, Depósito de Chatarra Caminos | Previa - Apoyo L** | O-C | 3.8808 |
| 3 | 3.15 | Vivero | Previa - Apoyo O* | O-C | 0.7593 |
| 3 | 3.16 | Área verde 1 | Previa - Apoyo L** | O-C | 6.4277 |
| 3 | 3.17 | Área verde 3 | Previa - Apoyo L** | O-C | 0.6295 |
| 3 | 3.18 | Área verde 2 | Previa - Apoyo L** | O-C | 0.5174 |
| 3 | 3.19 | Área verde 4 | Previa - Apoyo L** | O-C | 26.3126 |
| 3 | 3.20 | Área verde 5 | Previa - Apoyo L** | O-C | 33.0438 |
| | | | | | |
| 4 | 4.1 | Área de Evaluación Geológica ZONA 300 | Previa - Obra Minera | O-C | 8.6042 |
| 4 | 4.2 | La Pedrera | Previa - Obra Minera | O-C | 2.8809 |
| 4 | 4.3 | Área de Evaluación Geológica (Crisolco 1) | Previa - Obra Minera | O-C | 32.7751 |
| 4 | 4.4 | Área de Evaluación Geológica (Crisolco 2) | Previa - Obra Minera | O-C | 7.5389 |
| 4 | 4.5 | Propuesta de relleno sanitario | Nueva – Apoyo O* | P-O-C | 2.00 |
| 4 | 4.6 | Perifiltro: Perifiltro Accesos Tubería de agua Comedor | Previa - Apoyo O* | O-C | 14.0958 |
| 4 | 4.7 | Instalaciones CCUM | Previa - Apoyo L** | O-C | 8.994 |
| 4 | 4.8 | Carretera Tepehuacán-Casetas | Previa - Apoyo O* | O-C | 1.7711 |
| 4 | 4.9 | Camino de bombas Tlatelpingo | Previa - Apoyo O* | O-C | 2.8867 |
| 4 | 4.10 | Cancha de futbol | Previa - Apoyo L** | O-C | 2.3222 |
| 4 | 4.11 | Cancha de tenis | Previa - Apoyo L** | O-C | 1.7581 |
| 4 | 4.12 | Zona Habitacional: Accesos Infraestructura Caminos de Herradura Antena | Previa - Apoyo L** | O-C | 37.0443 |
| 4 | 4.13 | Cancha de futbol colonia | Previa - Apoyo L** | O-C | 1.211 |
| 4 | 4.14 | PTAR | Previa - Apoyo O* | O-C | 1.942 |
| 4 | 4.15 | Tubería agua | Previa - Apoyo O* | O-C | 0.9927 |
| 4 | 4.16 | Infraestructura Bombas Tlatelpingo Accesos Bodegas Tubería de agua Oficina Caminos | Previa - Apoyo O* | O-C | 2.209 |
| 4 | 4.17 | Polígono Camino hacia las bombas/Área Verde | Previa - Apoyo O* | O-C | 40.9917 |
| 4 | 4.18 | Área verde 2 | Previa - Apoyo L** | O-C | 7.734 |
| 4 | 4.19 | Área verde 1 | Previa - Apoyo L** | O-C | 0.6149 |

| ID | | Nombre del área | Tipo | Etapa | Superficie (ha) |
|---|---|---|---|---|---|
| 4 | 4.20 | Área verde 5 | Previa - Apoyo L** | O-C | 7.2525 |
| 4 | 4.21 | Área verde 4 | Previa - Apoyo L** | O-C | 9.708 |
| 4 | 4.22 | Área verde 3 | Previa - Apoyo L** | O-C | 12.621 |
| 4 | 4.23 | Área verde 10 | Previa - Apoyo L** | O-C | 9.3813 |
| 4 | 4.24 | Área verde 6 | Previa - Apoyo L** | O-C | 23.7872 |
| 4 | 4.25 | Área verde 9 | Previa - Apoyo L** | O-C | 0.9111 |
| 4 | 4.26 | Área verde 8 | Previa - Apoyo L** | O-C | 3.2242 |
| 4 | 4.27 | Área Verde 7 | Previa - Apoyo L** | O-C | 2.1016 |
| | | | | **Sub Total** | **717.0705** |
| **Naopa** | | | | | |
| 5 | 5.1 | Tajo Naopa | Autorizado – Obra Minera | O-C | 45.036 |
| 5 | 5.2 | Tepetatera Guadalupe | Nueva - Obra Minera | P-O-C | 57.1953 |
| 5 | 5.3 | Tepetatera Norte | Autorizado – Obra Minera | O-C | 34.5214 |
| 5 | 5.4 | Tepetatera Sur | Autorizado – Obra Minera | O-C | 84.4544 |
| 5 | 5.5 | Zona industrial Naopa: Taller de mantenimiento, Área de lavado de camiones, Planta de separación de grasas y aceites, Oficinas, Planeación de la Mina, Gerencia General, Área de Topografía, Otras Áreas Administrativas, Tanques de combustibles, Vivero y CEA, Comedor, Área de Geología, Área de seguridad y capacitación, Estacionamientos, Servicios sanitarios, Planta de tratamiento, Almacén de residuos peligrosos. | Autorizado - Apoyo O* | O-C | 16.416 |
| 5 | 5.6 | Patio de mineral | Autorizado – Obra Minera | O-C | 11.9183 |
| 5 | 5.7 | Stock ley intermedia: Recepción y almacenamiento de mineral, Clasificación, Almacenamiento y carga, Control de calidad | Autorizado – Obra Minera | O-C | 9.3111 |
| 5 | 5.8 | Polvorines | Autorizado - Apoyo O* | O-C | 5.7287 |
| 5 | 5.9 | Patio de maniobras: Recepción y clasificación de material, Almacenamiento temporal, Carga y descarga de materiales, Maniobras de equipos, Inspección y mantenimiento de equipos, Control de tráfico, Seguridad y vigilancia, Registro y seguimiento de materiales | Autorizado - Apoyo O* | O-C | 5.164 |
| 5 | 5.10 | Depósito de suelo orgánico | Autorizado - Apoyo O* | O-C | 1.1463 |
| 5 | 5.11 | Áreas verdes 2 | Autorizado - Apoyo L** | O-C | 34.0426 |
| 5 | 5.12 | Áreas verdes 4 | Nueva- Apoyo L** | P-O-C | 28.4648 |
| 5 | 5.13 | Áreas verdes 3 | Nueva- Apoyo L** | P-O-C | 6.3855 |
| 5 | 5.14.a | Áreas verdes 6 | Nueva- Apoyo L** | P-O-C | 18.4925 |
| 5 | 5.14.b | Áreas verdes 6 | Nueva- Apoyo L** | P-O-C | 27.2433 |
| 5.A | 5.A.15 | Áreas verdes 5 | Nueva- Apoyo L** | P-O-C | 5.1919 |
| 5.B | 5.B.16 | Área de conservación 1 “Ocotal” | Autorizado - Apoyo L** | | 59.7412 |
| | | | | **Sub Total** | **450.4533** |
| **Nonoalco** | | | | | |
| 6 | 6.1 | Planta de Beneficio: Planta OxMn, Planta de Secado, Accesos, Patios Planta de Tratamiento de aguas residuales, tanques de combustibles, almacén de residuos peligrosos. | Previa - Obra Minera | O-C | 1.7632 |
| 6 | 6.2 | Depósito de Lodos Norte de Alumbres-1 | Previa - Obra Minera | O-C | 1.2989 |
| 6 | 6.3 | Depósito de Lodos Norte de Alumbres - 2 | Previa - Obra Minera | O-C | 1.2633 |
| 6 | 6.4 | Depósito de Lodos Buena Vista | Previa - Obra Minera | O-C | 1.8403 |
| 6 | 6.5 | Depósito de Lodos Cajón II | Previa - Obra Minera | O-C | 1.3102 |
| 6 | 6.6 | Depósito de Lodos Block - 3 | Previa - Obra Minera | O-C | 0.6519 |
| 6 | 6.7 | Depósito de Lodos Stock-7 I | Previa - Obra Minera | O-C | 1.71 |
| 6 | 6.8 | Depósito de Lodos C. Prieto Norte I Depósito de Lodos C. Prieto Norte II Depósito de Lodos C. Prieto Norte IV Vaso Anexo Depósito de Lodos C. Prieto Sur Accesos Basurero | Previa - Obra Minera | O-C | 7.1404 |
| 6 | 6.9 | Depósito de Lodos los Patos Accesos Depósito de Lodos Stock- 7 II | Previa - Obra Minera | O-C | 3.5818 |
| 6 | 6.10 | Depósito de Lodos No. 1<br>Depósito de Lodos No. 2, Depósito de Lodos No. 3, D. Regulación, Accesos Arroyos Bodegas Presa Cañada (Agua Limpia) | Previa - Obra Minera | O-C | 5.4289 |
| 6 | 6.11 | Embalse | Previa - Apoyo L** | O-C | 0.122 |
| 6 | 6.12 | Depósito No. 4 | Previa - Obra Minera | O-C | 0.7202 |
| 6 | 6.13 | Presa Cabrera (aprovechamiento superficial) | Previa - Obra Minera | O-C | 0.4646 |
| 6 | 6.14 | Presa de los peces | Previa - Obra Minera | O-C | 0.5914 |

| ID | | Nombre del área | Tipo | Etapa | Superficie (ha) |
|---|---|---|---|---|---|
| 6 | 6.15 | Depósito de jales Panteón: | Previa - Obra Minera | O-C | 2.3073 |
| 6 | 6.16 | Patio 4 (depósito de lodos) | Previa - Apoyo O* | O-C | 0.4872 |
| 6 | 6.17 | Patio 5 (depósito de lodos) | Previa - Apoyo O* | O-C | 0.224 |
| 6 | 6.18 | Patio de maniobras (depósito de lodos) | Previa - Apoyo O* | O-C | 2.7468 |
| 6 | 6.19 | Bodega Patio 7 | Previa - Apoyo L** | O-C | 0.1189 |
| 6 | 6.20 | Camino Vecinal | Previa - Apoyo O* | O-C | 0.1529 |
| 6 | 6.21 | Caminos | Previa - Apoyo O* | O-C | 0.2118 |
| 6 | 6.22 | Caminos | Previa - Apoyo O* | O-C | 0.4767 |
| 6 | 6.23 | Calle Comunitaria | Previa - Apoyo O* | O-C | 0.0664 |
| 6 | 6.24 | Caminos | Previa - Apoyo O* | O-C | 0.3517 |
| 6 | 6.25 | Caminos | Previa - Apoyo O* | O-C | 0.1867 |
| 6 | 6.26 | Camino Comunitario | Previa - Apoyo O* | O-C | 0.3860 |
| 6 | 6.27 | Camino a Cerro Prieto | Previa - Apoyo O* | O-C | 1.5264 |
| 6 | 6.28 | Caminos | Previa - Apoyo O* | O-C | 0.2674 |
| 6 | 6.29 | Sindicato | Previa - Apoyo L** | O-C | 0.4219 |
| 6 | 6.30 | Infraestructura: Almacén Oficinas Planta Concentradora (trituración, cribado, clasificación por hidrociclones, tanque espesador, sistema de filtración, control de emisiones,) Nave de mesas concentradoras, bodegas, accesos, tuberías, Talleres, subestación eléctrica, comedor, oficinas, sala de juntas, | Previa - Apoyo L** | O-C | 2.2662 |
| 6 | 6.31 | Área de Servicios: Caseta de Policía Estacionamiento Depósito de Chatarra Caminos | Previa - Apoyo L** | O-C | 0.5686 |
| 6 | 6.32 | Tanques: Tanques Acceso Caseta de Policía (Vigilancia) | Previa - Apoyo L** | O-C | 0.3490 |
| 6 | 6.33 | Oficinas Laboratorio. Laboratorio, accesos, estacionamiento, departamento médico | Previa - Apoyo O* | O-C | 0.4518 |
| 6 | 6.34 | Filtro Prensa: Filtro Prensa Cuarto de Control Tanque | Previa - Apoyo O* | O-C | 0.1203 |
| 6 | 6.35 | Tiradero de Cerro Prieto: Extracción de Óxidos Accesos Bermas | Previa - Obra Minera | O-C | 4.3494 |
| 6 | 6.36 | Bodega de Geología | Previa - Apoyo L** | O-C | 0.6032 |
| 6 | 6.37 | Gimnasio al Aire Libre | Previa - Apoyo L** | O-C | 0.3140 |
| 6 | 6.38 | Zona de la Cabaña<br>Cancha de Básquetbol | Previa - Apoyo L** | O-C | 0.8791 |
| 6 | 6.39 | Áreas Verdes 3 | Previa - Apoyo L** | O-C | 3.8783 |
| 6 | 6.40 | Áreas Verdes 5 | Previa - Apoyo L** | O-C | 0.9103 |
| 6 | 6.41 | Áreas Verdes 1 | Previa - Apoyo L** | O-C | 0.1117 |
| 6 | 6.42 | Áreas Verdes 8 | Previa - Apoyo L** | O-C | 0.2516 |
| 6 | 6.43 | Áreas Verdes 7 | Previa - Apoyo L** | O-C | 1.0073 |
| 6 | 6.44 | Áreas Verdes 9 | Previa - Apoyo L** | O-C | 0.1922 |
| 6 | 6.45 | Áreas Verdes 11 | Previa - Apoyo L** | O-C | 0.0527 |
| 6 | 6.46 | Áreas Verdes 6 | Previa - Apoyo L** | O-C | 0.3608 |
| 6 | 6.47 | Áreas Verdes 4 | Previa - Apoyo L** | O-C | 1.0965 |
| 6 | 6.48 | Áreas Verdes 12 | Previa - Apoyo L** | O-C | 1.4878 |
| 6 | 6.49 | Área Verde 10 | Previa - Apoyo L** | O-C | 1.055 |
| 6 | 6.50 | Área Verde: Camino a Cerro Prieto 2 | Previa - Apoyo L** | O-C | 4.6815 |
| 6.A | 6.A.51 | Área de Evaluación Geológica: Jalamelco | Previa - Obra Minera | O-C | 3.3078 |
| 6.B | 6.B.52 | Área de Evaluación Geológica: El Lucero | Previa - Obra Minera | O-C | 2.032 |
| 6.C | 6.C.53 | Área de Evaluación Geológica: Ocotitla | Previa - Obra Minera | O-C | 0.568 |
| 6.D | 6.D.54 | Área de Evaluación Geológica: Yatitla | Previa - Obra Minera | O-C | 2.3074 |
| 6.E | 6.E.55 | Área de Evaluación Geológica: Mina La Colmena | Previa - Obra Minera | O-C | 17.6046 |
| 6.F | 6.F.56 | Área de Evaluación Geológica: Mina Vieja<br>Extracción de Óxidos | Previa - Obra Minera<br>Previa - Obra Minera | O-C | 3.7703 |
| 6.G | 6.G.57 | Área de Evaluación Geológica: Ocote Tierno | Previa - Obra Minera | O-C | 3.0294 |
| 6.H | 6.H.58 | Área de Evaluación Geológica: Malila 1<br>Construcción de Auditorio | Previa - Obra Minera<br>Previa - Apoyo L** | O-C | 1.0929 |
| 6.I | 6.I.59 | Área de Evaluación Geológica: Cajón Malila | Previa - Obra Minera | O-C | 0.5543 |
| 6.J | 6.J.60 | Área de Evaluación Geológica: Presas Malila 3 | Previa - Obra Minera | O-C | 0.127 |
| 6.K | 6.K.61 | Área de Evaluación Geológica: Presas Malila 2 | Previa - Obra Minera | O-C | 1.8442 |
| 6.L | 6.L.62 | Área de Evaluación Geológica: Proyecto Júpiter | Previa - Obra Minera | O-C | 5.5558 |
| 6.M | 6.M.63 | Área de Evaluación Geológica: Tepeolo | Previa - Obra Minera | O-C | 13.4497 |

| ID | | Nombre del área | Tipo | Etapa | Superficie (ha) |
|---|---|---|---|---|---|
| 6.N | 6.N.64 | Zona de Rehabilitación Ambiental (Área original Impactada, previo a 1988): Tepeolo - Cierre de Mina | Previa - Obra Minera | C | 1.7451 |
| 6.Ñ | 6.Ñ.65 | Área de evaluación Geológica: Propiedad Privada | Previa - Obra Minera | O-C | 2.9462 |
| | | Extracción de Óxidos | Previa - Obra Minera | | |
| 6.O | 6.O.66 | Área de Evaluación Geológica: Sur de la Chorrera | Previa - Obra Minera | O-C | 1.1339 |
| | | | | **Sub Total** | **123.8751** |
| | | | | **Total (***)** | **1,291.3989** |

Notas: 1.- Las obras 2.2 a las 2.20 se encuentran dentro de la superficie autorizada para el Tajo Acuatitla
2.- Lo resaltado en color rosa corresponde a obras nuevas
3.- Para este caso, se entiende lo mismo para depósito de lodos, depósito de jales
* Apoyo operativo
** Apoyo logístico
*** El total no incluye las Áreas de Interés de Exploración
P: Preparación del sitio y Construcción
O: Operación y mantenimiento
C: Cierre

De acuerdo con la tabla anterior, el proyecto integra obras y áreas, tanto previas a la LGEEPA, como autorizadas y nuevas, con ocupación de **1,291.3989 ha**, distribuidas en las tres unidades. En las Tablas II.9 a II.11 se muestran las coordenadas de los polígonos de agrupación de las unidades Molango, Naopa y Nonoalco.

***Tabla II. 9 Coordenadas de los polígonos de agrupación de la Unidad Minera Molango***

| Ubicación de las Unidades Mineras de acuerdo con los polígonos de agrupación Coordenadas UTM (WGS-84, Zona 14N) | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Unidad Molango Polígono de Agrupación 1 | | | | | | | | | | | |
| ID | X | Y | ID | X | Y | ID | X | Y | ID | X | Y |
| 1 | 528525.06 | 2321615.27 | 36 | 530617.91 | 2319074.79 | 71 | 530010.15 | 2318577.29 | 106 | 529001.73 | 2319303.86 |
| 2 | 528766.82 | 2321795.91 | 37 | 530617.94 | 2318925.17 | 72 | 529993.42 | 2318584.64 | 107 | 529051.66 | 2319303.64 |
| 3 | 529597.75 | 2320890.95 | 38 | 530717.89 | 2318924.70 | 73 | 529976.88 | 2318594.21 | 108 | 529051.49 | 2319253.70 |
| 4 | 529647.61 | 2320890.08 | 39 | 530717.68 | 2318874.94 | 74 | 529956.89 | 2318608.69 | 109 | 529062.68 | 2319253.55 |
| 5 | 529648.50 | 2320740.90 | 40 | 530767.94 | 2318875.09 | 75 | 529941.75 | 2318612.78 | 110 | 529078.60 | 2319273.01 |
| 6 | 529598.02 | 2320740.46 | 41 | 530767.88 | 2318719.80 | 76 | 529847.95 | 2318609.94 | 111 | 529148.67 | 2319349.18 |
| 7 | 529598.36 | 2320690.57 | 42 | 530722.51 | 2318719.60 | 77 | 529732.03 | 2318609.99 | 112 | 529169.19 | 2319366.55 |
| 8 | 529577.85 | 2320690.24 | 43 | 530721.93 | 2318505.23 | 78 | 529643.94 | 2318634.88 | 113 | 529170.98 | 2319370.15 |
| 9 | 529563.26 | 2320546.80 | 44 | 530673.85 | 2318494.97 | 79 | 529573.71 | 2318684.14 | 114 | 529190.12 | 2319389.84 |
| 10 | 529671.18 | 2320393.37 | 45 | 530584.22 | 2318439.04 | 80 | 529534.86 | 2318702.71 | 115 | 529201.64 | 2319403.64 |
| 11 | 529670.54 | 2320185.71 | 46 | 530570.08 | 2318452.37 | 81 | 529514.57 | 2318728.73 | 116 | 529234.27 | 2319422.62 |
| 12 | 529770.76 | 2320185.19 | 47 | 530569.22 | 2318449.55 | 82 | 529499.47 | 2318744.83 | 117 | 529248.10 | 2319453.15 |
| 13 | 529770.73 | 2320135.29 | 48 | 530571.28 | 2318401.77 | 83 | 529460.61 | 2318779.00 | 118 | 529249.27 | 2319459.77 |
| 14 | 529820.92 | 2320135.58 | 49 | 530553.39 | 2318357.11 | 84 | 529448.27 | 2318790.52 | 119 | 529237.39 | 2319478.94 |
| 15 | 529820.55 | 2320085.51 | 50 | 530541.60 | 2318339.99 | 85 | 529430.36 | 2318805.61 | 120 | 529187.35 | 2319595.02 |
| 16 | 529920.39 | 2320085.56 | 51 | 530519.21 | 2318334.98 | 86 | 529399.39 | 2318843.47 | 121 | 529193.52 | 2319681.20 |
| 17 | 529920.46 | 2320035.15 | 52 | 530459.07 | 2318350.29 | 87 | 529385.08 | 2318871.72 | 122 | 529149.85 | 2319735.28 |
| 18 | 529925.07 | 2320035.67 | 53 | 530441.70 | 2318347.85 | 88 | 529367.39 | 2318894.14 | 123 | 529109.56 | 2320097.30 |
| 19 | 530033.59 | 2319880.83 | 54 | 530428.45 | 2318352.24 | 89 | 529344.09 | 2318915.60 | 124 | 529013.98 | 2320234.82 |
| 20 | 530084.48 | 2319880.90 | 55 | 530386.19 | 2318382.57 | 90 | 529321.18 | 2318935.20 | 125 | 529012.12 | 2320243.74 |
| 21 | 530083.62 | 2319731.20 | 56 | 530374.33 | 2318398.40 | 91 | 529316.78 | 2318942.51 | 126 | 529011.55 | 2320254.67 |
| 22 | 530065.19 | 2319730.34 | 57 | 530342.02 | 2318411.94 | 92 | 529303.35 | 2318967.75 | 127 | 528990.76 | 2320304.89 |
| 23 | 530117.64 | 2319474.71 | 58 | 530298.08 | 2318414.68 | 93 | 529262.92 | 2319034.74 | 128 | 528962.14 | 2320398.01 |
| 24 | 530167.85 | 2319474.77 | 59 | 530270.21 | 2318425.92 | 94 | 529241.90 | 2319057.71 | 129 | 528942.97 | 2320452.15 |
| 25 | 530167.97 | 2319325.04 | 60 | 530233.31 | 2318447.29 | 95 | 529227.01 | 2319068.91 | 130 | 528921.97 | 2320524.89 |
| 26 | 530217.47 | 2319325.03 | 61 | 530200.01 | 2318461.51 | 96 | 529207.51 | 2319082.83 | 131 | 528898.19 | 2320548.09 |
| 27 | 530218.00 | 2319174.90 | 62 | 530168.32 | 2318496.81 | 97 | 529178.28 | 2319099.42 | 132 | 528842.45 | 2320740.32 |
| 28 | 530267.28 | 2319174.71 | 63 | 530155.40 | 2318512.23 | 98 | 529083.81 | 2319153.70 | 133 | 528781.92 | 2320891.89 |
| 29 | 530268.09 | 2319124.85 | 64 | 530133.72 | 2318522.65 | 99 | 528951.71 | 2319153.66 | 134 | 528781.46 | 2320906.03 |
| 30 | 530367.63 | 2319124.84 | 65 | 530108.36 | 2318528.94 | 100 | 528951.64 | 2319203.59 | 135 | 528684.12 | 2321014.30 |
| 31 | 530367.89 | 2319074.94 | 66 | 530080.89 | 2318530.44 | 101 | 528901.63 | 2319203.76 | 136 | 528650.40 | 2321044.89 |
| 32 | 530417.47 | 2319074.96 | 67 | 530083.96 | 2318537.32 | 102 | 528901.70 | 2319378.66 | 137 | 528644.22 | 2321074.05 |
| 33 | 530418.02 | 2319025.04 | 68 | 530066.43 | 2318570.39 | 103 | 528976.46 | 2319378.69 | 138 | 528567.50 | 2321106.87 |
| 34 | 530567.67 | 2319025.24 | 69 | 530054.81 | 2318577.23 | 104 | 528976.58 | 2319353.65 | 139 | 528507.53 | 2321140.75 |

| Ubicación de las Unidades Mineras de acuerdo con los polígonos de agrupación Coordenadas UTM (WGS-84, Zona 14N) | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 35 | 530567.45 | 2319074.77 | 70 | 530033.75 | 2318577.08 | 105 | 529001.63 | 2319353.80 | 140 | 528476.82 | 2321161.71 |
| **Unidad Molango Polígono de Agrupación 2** | | | | | | | | | | | |
| **ID** | **X** | **Y** | **ID** | **X** | **Y** | **ID** | **X** | **Y** | **ID** | **X** | **Y** |
| 1 | 530893.70 | 2318179.29 | 32 | 530102.74 | 2317733.74 | 63 | 529871.66 | 2318403.35 | 94 | 530080.60 | 2318530.17 |
| 2 | 530869.31 | 2318148.09 | 33 | 530079.90 | 2317726.24 | 64 | 529827.51 | 2318425.01 | 95 | 530108.54 | 2318528.85 |
| 3 | 530885.16 | 2318129.24 | 34 | 530044.16 | 2317717.08 | 65 | 529810.19 | 2318432.74 | 96 | 530133.65 | 2318522.70 |
| 4 | 530894.99 | 2318071.34 | 35 | 529978.25 | 2317753.90 | 66 | 529797.19 | 2318437.50 | 97 | 530155.31 | 2318512.36 |
| 5 | 530884.22 | 2318057.96 | 36 | 529937.97 | 2317797.14 | 67 | 529741.21 | 2318452.36 | 98 | 530170.38 | 2318494.47 |
| 6 | 530858.53 | 2318038.31 | 37 | 529871.47 | 2317816.39 | 68 | 529725.97 | 2318456.94 | 99 | 530199.84 | 2318461.48 |
| 7 | 530817.28 | 2318009.87 | 38 | 529844.29 | 2317821.98 | 69 | 529710.98 | 2318462.41 | 100 | 530233.19 | 2318447.40 |
| 8 | 530787.73 | 2317970.73 | 39 | 529850.02 | 2317877.55 | 70 | 529702.94 | 2318465.57 | 101 | 530270.28 | 2318425.90 |
| 9 | 530778.58 | 2317940.78 | 40 | 529860.19 | 2317933.15 | 71 | 529694.90 | 2318468.72 | 102 | 530297.73 | 2318414.79 |
| 10 | 530739.96 | 2317926.27 | 41 | 529875.54 | 2317970.66 | 72 | 529675.90 | 2318475.90 | 103 | 530342.14 | 2318411.94 |
| 11 | 530682.75 | 2317900.69 | 42 | 529883.84 | 2317995.54 | 73 | 529670.76 | 2318477.88 | 104 | 530374.22 | 2318398.41 |
| 12 | 530649.23 | 2317906.00 | 43 | 529895.97 | 2318022.24 | 74 | 529684.56 | 2318489.79 | 105 | 530386.20 | 2318382.58 |
| 13 | 530614.66 | 2317880.94 | 44 | 529885.02 | 2318035.10 | 75 | 529708.31 | 2318510.40 | 106 | 530429.18 | 2318351.76 |
| 14 | 530600.61 | 2317853.59 | 45 | 529870.13 | 2318048.46 | 76 | 529723.70 | 2318527.52 | 107 | 530441.76 | 2318347.76 |
| 15 | 530585.35 | 2317830.23 | 46 | 529855.07 | 2318050.39 | 77 | 529738.43 | 2318546.56 | 108 | 530459.16 | 2318350.42 |
| 16 | 530570.09 | 2317836.29 | 47 | 529841.19 | 2318044.15 | 78 | 529753.74 | 2318553.84 | 109 | 530519.53 | 2318334.95 |
| 17 | 530538.85 | 2317853.47 | 48 | 529826.33 | 2318044.83 | 79 | 529767.31 | 2318562.81 | 110 | 530541.63 | 2318340.06 |
| 18 | 530499.58 | 2317851.98 | 49 | 529810.31 | 2318056.58 | 80 | 529784.78 | 2318581.54 | 111 | 530553.69 | 2318357.26 |
| 19 | 530456.29 | 2317836.85 | 50 | 529805.05 | 2318080.79 | 81 | 529810.97 | 2318569.49 | 112 | 530571.37 | 2318402.07 |
| 20 | 530414.00 | 2317821.87 | 51 | 529783.83 | 2318094.79 | 82 | 529888.80 | 2318585.26 | 113 | 530569.20 | 2318449.62 |
| 21 | 530375.80 | 2317796.21 | 52 | 529755.84 | 2318132.33 | 83 | 529914.28 | 2318600.02 | 114 | 530569.96 | 2318452.49 |
| 22 | 530350.31 | 2317780.15 | 53 | 529760.23 | 2318162.43 | 84 | 529937.09 | 2318610.55 | 115 | 530584.23 | 2318439.04 |
| 23 | 530300.21 | 2317781.88 | 54 | 529747.31 | 2318191.23 | 85 | 529946.70 | 2318611.46 | 116 | 530673.78 | 2318494.89 |
| 24 | 530279.81 | 2317781.32 | 55 | 529756.71 | 2318230.40 | 86 | 529957.23 | 2318608.54 | 117 | 530722.00 | 2318505.05 |
| 25 | 530251.65 | 2317777.49 | 56 | 529754.70 | 2318243.59 | 87 | 529964.45 | 2318603.24 | 118 | 530745.82 | 2318443.69 |
| 26 | 530263.38 | 2317761.30 | 57 | 529778.43 | 2318272.39 | 88 | 529975.89 | 2318594.99 | 119 | 530768.23 | 2318421.09 |
| 27 | 530249.73 | 2317752.25 | 58 | 529816.41 | 2318326.36 | 89 | 529993.04 | 2318584.87 | 120 | 530798.05 | 2318391.17 |
| 28 | 530219.03 | 2317759.23 | 59 | 529829.75 | 2318343.32 | 90 | 530010.55 | 2318577.27 | 121 | 530815.70 | 2318345.09 |
| 29 | 530202.34 | 2317762.82 | 60 | 529856.66 | 2318377.29 | 91 | 530054.29 | 2318576.96 | 122 | 530859.63 | 2318285.32 |
| 30 | 530197.83 | 2317737.01 | 61 | 529870.14 | 2318388.40 | 92 | 530066.54 | 2318569.03 | 123 | 530882.18 | 2318254.52 |
| 31 | 530161.55 | 2317733.19 | 62 | 529874.09 | 2318399.41 | 93 | 530083.98 | 2318537.66 | 124 | 530915.78 | 2318200.70 |
| **Unidad Molango Polígono de Agrupación 3** | | | | | | | | | | | |
| **ID** | **X** | **Y** | **ID** | **X** | **Y** | **ID** | **X** | **Y** | **ID** | **X** | **Y** |
| 1 | 527262.70 | 2319210.33 | 51 | 527509.41 | 2317836.68 | 101 | 526575.00 | 2318800.57 | 151 | 526852.99 | 2319445.93 |
| 2 | 527263.91 | 2319208.13 | 52 | 527437.07 | 2317890.20 | 102 | 526533.28 | 2318805.61 | 152 | 526857.71 | 2319446.61 |
| 3 | 527269.08 | 2319185.07 | 53 | 527355.98 | 2317908.72 | 103 | 526499.69 | 2318807.40 | 153 | 526865.86 | 2319446.73 |
| 4 | 527280.00 | 2319166.07 | 54 | 527305.56 | 2317905.20 | 104 | 526443.75 | 2318873.91 | 154 | 526878.81 | 2319443.90 |
| 5 | 527298.16 | 2319144.81 | 55 | 527157.54 | 2317861.11 | 105 | 526311.97 | 2319020.93 | 155 | 526889.07 | 2319436.03 |
| 6 | 527309.17 | 2319137.47 | 56 | 527051.09 | 2317872.92 | 106 | 526308.88 | 2319024.39 | 156 | 526894.63 | 2319428.83 |
| 7 | 527328.00 | 2319131.32 | 57 | 527054.91 | 2317911.66 | 107 | 526275.83 | 2319056.80 | 157 | 526899.16 | 2319420.56 |
| 8 | 527347.99 | 2319126.50 | 58 | 527108.35 | 2317969.72 | 108 | 526281.07 | 2319117.20 | 158 | 526904.59 | 2319403.52 |
| 9 | 527364.45 | 2319135.68 | 59 | 527055.30 | 2318037.31 | 109 | 526336.28 | 2319189.75 | 159 | 526907.92 | 2319395.67 |
| 10 | 527373.52 | 2319142.60 | 60 | 527060.95 | 2318048.59 | 110 | 526356.78 | 2319235.29 | 160 | 526913.48 | 2319389.02 |
| 11 | 527380.34 | 2319147.68 | 61 | 527123.37 | 2318118.72 | 111 | 526375.09 | 2319265.43 | 161 | 526920.84 | 2319385.48 |
| 12 | 527384.28 | 2319149.11 | 62 | 527108.74 | 2318150.90 | 112 | 526446.10 | 2319310.49 | 162 | 526928.43 | 2319383.88 |
| 13 | 527388.08 | 2319169.12 | 63 | 527149.71 | 2318213.87 | 113 | 526491.10 | 2319344.29 | 163 | 526936.19 | 2319387.25 |
| 14 | 527417.77 | 2319145.17 | 64 | 527124.69 | 2318285.33 | 114 | 526499.79 | 2319350.86 | 164 | 526948.74 | 2319387.44 |
| 15 | 527406.76 | 2319101.33 | 65 | 527055.68 | 2318335.83 | 115 | 526532.64 | 2319395.95 | 165 | 526965.81 | 2319382.16 |
| 16 | 527371.94 | 2319071.77 | 66 | 527087.68 | 2318399.41 | 116 | 526531.92 | 2319410.85 | 166 | 526974.48 | 2319370.12 |
| 17 | 527354.90 | 2318970.65 | 67 | 527100.17 | 2318442.72 | 117 | 526524.94 | 2319452.42 | 167 | 526982.92 | 2319353.36 |
| 18 | 527405.32 | 2318813.33 | 68 | 527108.20 | 2318494.45 | 118 | 526509.99 | 2319498.94 | 168 | 526993.82 | 2319348.08 |
| 19 | 527486.54 | 2318745.28 | 69 | 527125.38 | 2318547.05 | 119 | 526532.93 | 2319546.10 | 169 | 527011.51 | 2319348.54 |
| 20 | 527506.33 | 2318692.84 | 70 | 527128.92 | 2318605.76 | 120 | 526546.87 | 2319632.57 | 170 | 527022.19 | 2319347.50 |
| 21 | 527503.79 | 2318635.13 | 71 | 527157.83 | 2318662.35 | 121 | 526584.18 | 2319698.26 | 171 | 527034.60 | 2319347.39 |
| 22 | 527525.63 | 2318538.37 | 72 | 527139.65 | 2318715.41 | 122 | 526574.76 | 2319768.46 | 172 | 527063.98 | 2319347.67 |
| 23 | 527540.80 | 2318496.30 | 73 | 527166.57 | 2318771.78 | 123 | 526596.73 | 2319726.61 | 173 | 527082.37 | 2319350.30 |
| 24 | 527563.20 | 2318441.53 | 74 | 527230.86 | 2318941.44 | 124 | 526604.07 | 2319717.18 | 174 | 527098.32 | 2319351.33 |
| 25 | 527600.53 | 2318328.16 | 75 | 527237.76 | 2318996.70 | 125 | 526609.84 | 2319710.33 | 175 | 527109.04 | 2319351.65 |
| 26 | 527714.69 | 2318231.26 | 76 | 527278.32 | 2319059.30 | 126 | 526611.84 | 2319703.20 | 176 | 527113.55 | 2319349.73 |
| 27 | 527775.22 | 2318206.71 | 77 | 527294.84 | 2319089.44 | 127 | 526615.05 | 2319692.71 | 177 | 527117.66 | 2319348.11 |

| Ubicación de las Unidades Mineras de acuerdo con los polígonos de agrupación Coordenadas UTM (WGS-84, Zona 14N) | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 28 | 527851.72 | 2318225.93 | 78 | 527267.03 | 2319100.21 | 128 | 526617.54 | 2319684.42 | 178 | 527123.43 | 2319345.98 |
| 29 | 527899.12 | 2318227.67 | 79 | 527234.12 | 2319097.93 | 129 | 526622.61 | 2319669.36 | 179 | 527131.92 | 2319341.24 |
| 30 | 527952.36 | 2318215.84 | 80 | 527221.21 | 2319112.48 | 130 | 526627.01 | 2319647.43 | 180 | 527132.73 | 2319320.54 |
| 31 | 528017.54 | 2318181.60 | 81 | 527214.36 | 2319104.23 | 131 | 526632.18 | 2319612.28 | 181 | 527117.18 | 2319308.06 |
| 32 | 528073.90 | 2318116.23 | 82 | 527221.56 | 2319088.35 | 132 | 526629.44 | 2319566.61 | 182 | 527096.85 | 2319299.91 |
| 33 | 528161.04 | 2318037.90 | 83 | 527190.96 | 2319079.14 | 133 | 526640.55 | 2319538.68 | 183 | 527082.05 | 2319297.79 |
| 34 | 528263.50 | 2317968.88 | 84 | 527149.56 | 2319047.69 | 134 | 526641.72 | 2319516.29 | 184 | 527065.28 | 2319295.67 |
| 35 | 528266.63 | 2317842.51 | 85 | 527082.16 | 2319004.59 | 135 | 526638.46 | 2319496.49 | 185 | 527075.14 | 2319288.62 |
| 36 | 528222.16 | 2317845.26 | 86 | 527068.66 | 2318987.18 | 136 | 526647.16 | 2319491.74 | 186 | 527081.60 | 2319283.33 |
| 37 | 528183.79 | 2317867.04 | 87 | 527041.22 | 2318989.63 | 137 | 526655.31 | 2319490.03 | 187 | 527087.46 | 2319279.14 |
| 38 | 528139.19 | 2317865.71 | 88 | 527001.70 | 2318987.57 | 138 | 526664.82 | 2319489.07 | 188 | 527094.36 | 2319274.83 |
| 39 | 528094.13 | 2317854.63 | 89 | 526969.94 | 2318963.09 | 139 | 526668.95 | 2319485.90 | 189 | 527105.44 | 2319274.22 |
| 40 | 528069.24 | 2317831.96 | 90 | 526921.36 | 2318958.91 | 140 | 526671.47 | 2319483.48 | 190 | 527117.41 | 2319280.29 |
| 41 | 527979.98 | 2317835.32 | 91 | 526886.11 | 2318930.15 | 141 | 526672.91 | 2319481.88 | 191 | 527125.43 | 2319285.66 |
| 42 | 527934.82 | 2317796.01 | 92 | 526860.28 | 2318920.48 | 142 | 526679.20 | 2319478.52 | 192 | 527131.90 | 2319288.82 |
| 43 | 527900.57 | 2317793.80 | 93 | 526843.41 | 2318888.58 | 143 | 526684.84 | 2319476.87 | 193 | 527147.85 | 2319283.41 |
| 44 | 527874.01 | 2317773.26 | 94 | 526804.33 | 2318859.33 | 144 | 526690.16 | 2319473.91 | 194 | 527174.05 | 2319264.66 |
| 45 | 527854.70 | 2317797.96 | 95 | 526789.60 | 2318843.73 | 145 | 526734.49 | 2319457.17 | 195 | 527186.65 | 2319257.77 |
| 46 | 527809.85 | 2317799.36 | 96 | 526759.26 | 2318808.89 | 146 | 526807.43 | 2319454.44 | 196 | 527204.35 | 2319248.16 |
| 47 | 527747.08 | 2317784.14 | 97 | 526749.91 | 2318776.25 | 147 | 526833.38 | 2319449.79 | 197 | 527222.54 | 2319235.86 |
| 48 | 527696.54 | 2317740.38 | 98 | 526699.53 | 2318774.12 | 148 | 526840.27 | 2319445.65 | 198 | 527238.48 | 2319224.56 |
| 49 | 527650.74 | 2317716.19 | 99 | 526679.53 | 2318762.09 | 149 | 526844.96 | 2319442.78 | 199 | 527250.60 | 2319217.13 |
| 50 | 527562.62 | 2317739.09 | 100 | 526634.76 | 2318778.82 | 150 | 526846.61 | 2319444.04 | ----- | ----- | ----- |
| Unidad Molango Polígono de Agrupación 4 | | | | | | | | | | | |
| ID | X | Y | ID | X | Y | ID | X | Y | ID | X | Y |
| 1 | 525891.00 | 2318142.00 | 59 | 524966.00 | 2317259.00 | 117 | 525597.00 | 2319147.00 | 175 | 526088.00 | 2318866.00 |
| 2 | 525879.00 | 2318071.00 | 60 | 525016.00 | 2317260.00 | 118 | 525639.00 | 2319181.00 | 176 | 526076.00 | 2318860.00 |
| 3 | 525885.00 | 2317993.00 | 61 | 525015.00 | 2317307.00 | 119 | 525676.00 | 2319198.00 | 177 | 526064.00 | 2318856.00 |
| 4 | 525868.00 | 2317927.00 | 62 | 525066.00 | 2317309.00 | 120 | 525697.00 | 2319233.00 | 178 | 526053.00 | 2318853.00 |
| 5 | 525847.00 | 2317862.00 | 63 | 525065.00 | 2317408.00 | 121 | 525710.00 | 2319250.00 | 179 | 526048.00 | 2318851.00 |
| 6 | 525849.00 | 2317830.00 | 64 | 525165.00 | 2317408.00 | 122 | 525720.00 | 2319275.00 | 180 | 526041.00 | 2318852.00 |
| 7 | 525856.00 | 2317757.00 | 65 | 525165.00 | 2317609.00 | 123 | 525725.00 | 2319276.00 | 181 | 526039.00 | 2318850.00 |
| 8 | 525857.00 | 2317705.00 | 66 | 525215.00 | 2317609.00 | 124 | 525759.00 | 2319365.00 | 182 | 526040.00 | 2318820.00 |
| 9 | 525861.00 | 2317675.00 | 67 | 525216.00 | 2317707.00 | 125 | 525760.00 | 2319395.00 | 183 | 526018.00 | 2318797.00 |
| 10 | 525878.00 | 2317649.00 | 68 | 525263.00 | 2317707.00 | 126 | 525714.00 | 2319461.00 | 184 | 526014.00 | 2318789.00 |
| 11 | 525936.00 | 2317471.00 | 69 | 525264.00 | 2317780.00 | 127 | 525721.00 | 2319461.00 | 185 | 526009.00 | 2318784.00 |
| 12 | 525924.00 | 2317414.00 | 70 | 525237.00 | 2317727.00 | 128 | 525743.00 | 2319462.00 | 186 | 525990.00 | 2318762.00 |
| 13 | 525961.00 | 2317419.00 | 71 | 525079.00 | 2317692.00 | 129 | 525763.00 | 2319463.00 | 187 | 525988.00 | 2318747.00 |
| 14 | 526009.00 | 2317260.00 | 72 | 525038.00 | 2317701.00 | 130 | 525778.00 | 2319465.00 | 188 | 525989.00 | 2318739.00 |
| 15 | 526118.00 | 2317114.00 | 73 | 525023.00 | 2317639.00 | 131 | 525789.00 | 2319467.00 | 189 | 525976.00 | 2318731.00 |
| 16 | 526187.00 | 2317068.00 | 74 | 524960.00 | 2317743.00 | 132 | 525856.00 | 2319492.00 | 190 | 525969.00 | 2318729.00 |
| 17 | 526248.00 | 2317061.00 | 75 | 524849.00 | 2317893.00 | 133 | 525881.00 | 2319449.00 | 191 | 525956.00 | 2318724.00 |
| 18 | 526276.00 | 2317054.00 | 76 | 524804.00 | 2318037.00 | 134 | 525907.00 | 2319406.00 | 192 | 525953.00 | 2318720.00 |
| 19 | 526342.00 | 2317041.00 | 77 | 524757.00 | 2318178.00 | 135 | 525936.00 | 2319373.00 | 193 | 525948.00 | 2318717.00 |
| 20 | 526401.00 | 2317043.00 | 78 | 524744.00 | 2318210.00 | 136 | 525956.00 | 2319359.00 | 194 | 525943.00 | 2318708.00 |
| 21 | 526391.00 | 2317048.00 | 79 | 524736.00 | 2318241.00 | 137 | 525971.00 | 2319351.00 | 195 | 525945.00 | 2318704.00 |
| 22 | 526406.00 | 2317055.00 | 80 | 524697.00 | 2318271.00 | 138 | 526007.00 | 2319342.00 | 196 | 525949.00 | 2318690.00 |
| 23 | 526410.00 | 2317068.00 | 81 | 524676.00 | 2318296.00 | 139 | 526026.00 | 2319336.00 | 197 | 525947.00 | 2318681.00 |
| 24 | 526432.00 | 2317053.00 | 82 | 524638.00 | 2318336.00 | 140 | 526058.00 | 2319327.00 | 198 | 525935.00 | 2318672.00 |
| 25 | 526448.00 | 2317038.00 | 83 | 524613.00 | 2318346.00 | 141 | 526074.00 | 2319303.00 | 199 | 525931.00 | 2318671.00 |
| 26 | 526458.00 | 2317033.00 | 84 | 524694.00 | 2318423.00 | 142 | 526082.00 | 2319294.00 | 200 | 525929.00 | 2318668.00 |
| 27 | 526460.00 | 2317018.00 | 85 | 524638.00 | 2318651.00 | 143 | 526097.00 | 2319299.00 | 201 | 525922.00 | 2318665.00 |
| 28 | 526434.00 | 2317001.00 | 86 | 524636.00 | 2318678.00 | 144 | 526111.00 | 2319260.00 | 202 | 525915.00 | 2318657.00 |
| 29 | 526401.00 | 2316987.00 | 87 | 524623.00 | 2318683.00 | 145 | 526116.00 | 2319251.00 | 203 | 525915.00 | 2318653.00 |
| 30 | 526380.00 | 2316980.00 | 88 | 524579.00 | 2318712.00 | 146 | 526119.00 | 2319244.00 | 204 | 525914.00 | 2318651.00 |
| 31 | 526346.00 | 2316963.00 | 89 | 524572.00 | 2318725.00 | 147 | 526123.00 | 2319240.00 | 205 | 525913.00 | 2318640.00 |
| 32 | 526259.00 | 2316945.00 | 90 | 524579.00 | 2318742.00 | 148 | 526171.00 | 2319187.00 | 206 | 525911.00 | 2318636.00 |
| 33 | 526208.00 | 2316919.00 | 91 | 524599.00 | 2318747.00 | 149 | 526182.00 | 2319177.00 | 207 | 525910.00 | 2318634.00 |
| 34 | 526189.00 | 2316890.00 | 92 | 524719.00 | 2318799.00 | 150 | 526202.00 | 2319162.00 | 208 | 525904.00 | 2318635.00 |
| 35 | 526160.00 | 2316871.00 | 93 | 524751.00 | 2318793.00 | 151 | 526244.00 | 2319138.00 | 209 | 525894.00 | 2318637.00 |
| 36 | 526125.00 | 2316873.00 | 94 | 524781.00 | 2318786.00 | 152 | 526261.00 | 2319126.00 | 210 | 525892.00 | 2318635.00 |
| 37 | 526100.00 | 2316923.00 | 95 | 524875.00 | 2318770.00 | 153 | 526271.00 | 2319121.00 | 211 | 525886.00 | 2318634.00 |
| 38 | 526067.00 | 2316953.00 | 96 | 524901.00 | 2318771.00 | 154 | 526281.00 | 2319117.00 | 212 | 525885.00 | 2318630.00 |

| Ubicación de las Unidades Mineras de acuerdo con los polígonos de agrupación Coordenadas UTM (WGS-84, Zona 14N) | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 39 | 525999.00 | 2316949.00 | 97 | 524928.00 | 2318784.00 | 155 | 526276.00 | 2319057.00 | 213 | 525886.00 | 2318627.00 |
| 40 | 525915.00 | 2316972.00 | 98 | 524954.00 | 2318802.00 | 156 | 526267.00 | 2319056.00 | 214 | 525888.00 | 2318622.00 |
| 41 | 525867.00 | 2317025.00 | 99 | 525014.00 | 2318841.00 | 157 | 526255.00 | 2319056.00 | 215 | 525888.00 | 2318621.00 |
| 42 | 525817.00 | 2317004.00 | 100 | 525042.00 | 2318856.00 | 158 | 526238.00 | 2319053.00 | 216 | 525889.00 | 2318615.00 |
| 43 | 525765.00 | 2317010.00 | 101 | 525097.00 | 2318875.00 | 159 | 526232.00 | 2319050.00 | 217 | 525878.00 | 2318604.00 |
| 44 | 525768.00 | 2316853.00 | 102 | 525132.00 | 2318886.00 | 160 | 526220.00 | 2319048.00 | 218 | 525880.00 | 2318601.00 |
| 45 | 525717.00 | 2316857.00 | 103 | 525197.00 | 2318917.00 | 161 | 526202.00 | 2319048.00 | 219 | 525884.00 | 2318595.00 |
| 46 | 525715.00 | 2316759.00 | 104 | 525254.00 | 2318952.00 | 162 | 526168.00 | 2319044.00 | 220 | 525887.00 | 2318591.00 |
| 47 | 525466.00 | 2316759.00 | 105 | 525250.00 | 2318966.00 | 163 | 526157.00 | 2319040.00 | 221 | 525888.00 | 2318586.00 |
| 48 | 525465.00 | 2316807.00 | 106 | 525254.00 | 2318975.00 | 164 | 526154.00 | 2319038.00 | 222 | 525889.00 | 2318581.00 |
| 49 | 525366.00 | 2316810.00 | 107 | 525281.00 | 2318988.00 | 165 | 526147.00 | 2319033.00 | 223 | 525890.00 | 2318581.00 |
| 50 | 525366.00 | 2316908.00 | 108 | 525327.00 | 2319010.00 | 166 | 526144.00 | 2319026.00 | 224 | 525886.00 | 2318559.00 |
| 51 | 525266.00 | 2316908.00 | 109 | 525371.00 | 2319031.00 | 167 | 526141.00 | 2319014.00 | 225 | 525902.00 | 2318491.00 |
| 52 | 525264.00 | 2317008.00 | 110 | 525427.00 | 2319047.00 | 168 | 526138.00 | 2319006.00 | 226 | 525910.00 | 2318407.00 |
| 53 | 525116.00 | 2317010.00 | 111 | 525434.00 | 2319051.00 | 169 | 526136.00 | 2318991.00 | 227 | 525924.00 | 2318352.00 |
| 54 | 525117.00 | 2316960.00 | 112 | 525498.00 | 2319058.00 | 170 | 526132.00 | 2318961.00 | 228 | 525925.00 | 2318298.00 |
| 55 | 524999.00 | 2316959.00 | 113 | 525510.00 | 2319064.00 | 171 | 526130.00 | 2318944.00 | 229 | 525923.00 | 2318275.00 |
| 56 | 524916.00 | 2316958.00 | 114 | 525540.00 | 2319066.00 | 172 | 526122.00 | 2318910.00 | 230 | 525901.00 | 2318211.00 |
| 57 | 524915.00 | 2317208.00 | 115 | 525571.00 | 2319100.00 | 173 | 526121.00 | 2318891.00 | 231 | 525897.00 | 2318183.00 |
| 58 | 524966.00 | 2317209.00 | 116 | 525576.00 | 2319118.00 | 174 | 526098.00 | 2318871.00 | ----- | ----- | ----- |

*Tabla II. 10. Coordenadas de los polígonos de agrupación de la Unidad Minera Naopa*

| Ubicación de las Unidades Mineras de acuerdo con los polígonos de agrupación Coordenadas UTM (WGS-84, Zona 14N) | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Unidad Naopa Polígono de Agrupación 5 | | | | | | | | | | | |
| ID | X | Y | ID | X | Y | ID | X | Y | ID | X | Y |
| 1 | 525453.45 | 2308074.83 | 303 | 526849.14 | 2306782.34 | 605 | 526395.97 | 2306636.92 | 907 | 524232.07 | 2306149.56 |
| 2 | 525468.79 | 2308058.75 | 304 | 526848.62 | 2306782.15 | 606 | 526394.13 | 2306614.66 | 908 | 524228.46 | 2306150.63 |
| 3 | 525519.38 | 2308070.69 | 305 | 526844.26 | 2306780.65 | 607 | 526392.99 | 2306612.13 | 909 | 524209.45 | 2306138.68 |
| 4 | 525521.22 | 2308069.47 | 306 | 526841.41 | 2306779.73 | 608 | 526386.71 | 2306604.63 | 910 | 524183.82 | 2306155.51 |
| 5 | 525545.60 | 2308053.44 | 307 | 526837.51 | 2306778.53 | 609 | 526382.86 | 2306595.61 | 911 | 524179.97 | 2306133.92 |
| 6 | 525581.59 | 2308050.29 | 308 | 526835.87 | 2306778.00 | 610 | 526383.38 | 2306592.54 | 912 | 524176.40 | 2306111.75 |
| 7 | 525583.42 | 2308050.15 | 309 | 526834.06 | 2306777.55 | 611 | 526383.44 | 2306592.21 | 913 | 524175.97 | 2306111.50 |
| 8 | 525603.37 | 2308050.67 | 310 | 526833.79 | 2306777.47 | 612 | 526383.38 | 2306590.48 | 914 | 524175.95 | 2306111.41 |
| 9 | 525660.62 | 2308025.02 | 311 | 526830.98 | 2306776.72 | 613 | 526383.28 | 2306585.49 | 915 | 524161.09 | 2306102.97 |
| 10 | 525670.09 | 2308015.63 | 312 | 526827.39 | 2306775.82 | 614 | 526383.21 | 2306585.42 | 916 | 524110.32 | 2306073.88 |
| 11 | 525709.97 | 2307994.30 | 313 | 526823.68 | 2306774.96 | 615 | 526383.20 | 2306585.36 | 917 | 524080.13 | 2306052.75 |
| 12 | 525745.51 | 2307899.80 | 314 | 526823.27 | 2306774.87 | 616 | 526379.79 | 2306581.73 | 918 | 524073.48 | 2306047.97 |
| 13 | 525779.65 | 2307854.44 | 315 | 526822.98 | 2306774.80 | 617 | 526379.21 | 2306575.18 | 919 | 524055.75 | 2305987.61 |
| 14 | 525917.43 | 2307770.48 | 316 | 526821.31 | 2306774.46 | 618 | 526378.95 | 2306571.77 | 920 | 524041.48 | 2305972.30 |
| 15 | 525917.74 | 2307769.93 | 317 | 526819.11 | 2306773.99 | 619 | 526378.88 | 2306570.12 | 921 | 523995.98 | 2305974.82 |
| 16 | 525918.15 | 2307769.68 | 318 | 526816.25 | 2306773.42 | 620 | 526378.78 | 2306569.54 | 922 | 523957.98 | 2305902.18 |
| 17 | 525945.92 | 2307721.27 | 319 | 526811.43 | 2306772.44 | 621 | 526377.61 | 2306554.07 | 923 | 523957.96 | 2305902.18 |
| 18 | 525967.79 | 2307683.51 | 320 | 526808.89 | 2306771.96 | 622 | 526377.47 | 2306551.64 | 924 | 523957.82 | 2305901.92 |
| 19 | 525967.05 | 2307701.57 | 321 | 526804.74 | 2306771.13 | 623 | 526377.30 | 2306549.79 | 925 | 523938.13 | 2305901.16 |
| 20 | 525967.86 | 2307712.49 | 322 | 526800.61 | 2306770.39 | 624 | 526376.48 | 2306547.24 | 926 | 523901.97 | 2305899.29 |
| 21 | 525967.93 | 2307713.47 | 323 | 526796.90 | 2306769.86 | 625 | 526377.35 | 2306537.97 | 927 | 523905.82 | 2305927.43 |
| 22 | 525965.25 | 2307726.22 | 324 | 526795.10 | 2306769.65 | 626 | 526379.34 | 2306530.94 | 928 | 523908.79 | 2305951.50 |
| 23 | 525965.26 | 2307726.41 | 325 | 526794.02 | 2306769.54 | 627 | 526379.87 | 2306529.84 | 929 | 523892.00 | 2305973.07 |
| 24 | 525965.22 | 2307726.56 | 326 | 526792.89 | 2306769.43 | 628 | 526385.04 | 2306517.45 | 930 | 523882.22 | 2305996.00 |
| 25 | 525965.28 | 2307727.10 | 327 | 526791.91 | 2306769.31 | 629 | 526367.02 | 2306506.28 | 931 | 523881.45 | 2305997.77 |
| 26 | 525965.42 | 2307730.31 | 328 | 526791.04 | 2306769.29 | 630 | 526348.30 | 2306537.49 | 932 | 523881.46 | 2305997.81 |
| 27 | 525954.51 | 2307762.06 | 329 | 526790.47 | 2306769.25 | 631 | 526350.88 | 2306558.87 | 933 | 523881.31 | 2305998.15 |
| 28 | 525954.52 | 2307762.09 | 330 | 526789.23 | 2306769.17 | 632 | 526351.42 | 2306563.44 | 934 | 523883.67 | 2306016.70 |
| 29 | 525954.44 | 2307762.30 | 331 | 526788.18 | 2306769.12 | 633 | 526349.65 | 2306571.16 | 935 | 523887.25 | 2306047.15 |
| 30 | 525957.30 | 2307768.60 | 332 | 526787.06 | 2306769.08 | 634 | 526340.65 | 2306583.81 | 936 | 523880.70 | 2306053.53 |
| 31 | 525960.78 | 2307776.76 | 333 | 526786.00 | 2306769.04 | 635 | 526338.89 | 2306586.63 | 937 | 523861.26 | 2306071.91 |
| 32 | 525970.36 | 2307785.74 | 334 | 526785.01 | 2306769.02 | 636 | 526337.00 | 2306589.33 | 938 | 523860.37 | 2306097.38 |
| 33 | 525984.05 | 2307785.43 | 335 | 526783.98 | 2306769.01 | 637 | 526305.69 | 2306629.61 | 939 | 523860.41 | 2306097.44 |
| 34 | 526007.51 | 2307785.10 | 336 | 526783.24 | 2306769.01 | 638 | 526297.99 | 2306638.22 | 940 | 523860.41 | 2306097.65 |
| 35 | 526009.54 | 2307789.76 | 337 | 526782.49 | 2306769.01 | 639 | 526290.37 | 2306642.06 | 941 | 523866.83 | 2306106.23 |
| 36 | 526012.17 | 2307796.39 | 338 | 526781.66 | 2306769.02 | 640 | 526253.27 | 2306660.64 | 942 | 523884.43 | 2306130.33 |
| 37 | 526020.78 | 2307798.32 | 339 | 526781.02 | 2306769.03 | 641 | 526189.37 | 2306703.55 | 943 | 523884.20 | 2306131.21 |

| Ubicación de las Unidades Mineras de acuerdo con los polígonos de agrupación Coordenadas UTM (WGS-84, Zona 14N) | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 38 | 526038.35 | 2307802.60 | 340 | 526780.88 | 2306769.03 | 642 | 526183.27 | 2306707.65 | 944 | 523879.46 | 2306145.70 |
| 39 | 526040.69 | 2307805.89 | 341 | 526780.70 | 2306769.04 | 643 | 526148.57 | 2306724.32 | 945 | 523867.34 | 2306159.47 |
| 40 | 526041.22 | 2307806.75 | 342 | 526779.95 | 2306769.06 | 644 | 526144.70 | 2306726.09 | 946 | 523897.28 | 2306192.53 |
| 41 | 526041.38 | 2307806.87 | 343 | 526779.03 | 2306769.09 | 645 | 526138.94 | 2306728.95 | 947 | 523932.72 | 2306215.03 |
| 42 | 526041.40 | 2307806.90 | 344 | 526778.29 | 2306769.12 | 646 | 526131.85 | 2306732.35 | 948 | 523954.51 | 2306229.11 |
| 43 | 526041.61 | 2307807.06 | 345 | 526775.98 | 2306769.25 | 647 | 526131.61 | 2306732.59 | 949 | 523972.34 | 2306253.95 |
| 44 | 526052.72 | 2307816.15 | 346 | 526774.13 | 2306769.39 | 648 | 526131.59 | 2306732.60 | 950 | 523972.65 | 2306254.11 |
| 45 | 526054.92 | 2307818.12 | 347 | 526772.65 | 2306769.52 | 649 | 526130.51 | 2306733.67 | 951 | 523972.68 | 2306254.15 |
| 46 | 526058.02 | 2307818.44 | 348 | 526772.28 | 2306769.55 | 650 | 526110.40 | 2306753.41 | 952 | 523987.21 | 2306261.86 |
| 47 | 526093.79 | 2307822.62 | 349 | 526771.83 | 2306769.61 | 651 | 526103.16 | 2306796.00 | 953 | 523993.55 | 2306284.04 |
| 48 | 526103.25 | 2307824.02 | 350 | 526770.64 | 2306769.73 | 652 | 526093.14 | 2306802.68 | 954 | 524003.17 | 2306294.75 |
| 49 | 526117.71 | 2307817.99 | 351 | 526768.39 | 2306770.02 | 653 | 525969.43 | 2306789.98 | 955 | 524020.30 | 2306328.66 |
| 50 | 526137.67 | 2307809.79 | 352 | 526766.17 | 2306770.34 | 654 | 525923.72 | 2306810.41 | 956 | 524028.86 | 2306346.04 |
| 51 | 526144.71 | 2307824.88 | 353 | 526764.79 | 2306770.57 | 655 | 525850.73 | 2306812.62 | 957 | 524029.43 | 2306346.74 |
| 52 | 526148.39 | 2307830.63 | 354 | 526764.72 | 2306770.58 | 656 | 525802.08 | 2306822.19 | 958 | 524029.83 | 2306347.52 |
| 53 | 526151.97 | 2307836.49 | 355 | 526764.67 | 2306770.59 | 657 | 525763.12 | 2306862.54 | 959 | 524058.87 | 2306383.03 |
| 54 | 526160.57 | 2307838.70 | 356 | 526764.27 | 2306770.66 | 658 | 525753.54 | 2306866.17 | 960 | 524061.09 | 2306391.96 |
| 55 | 526161.01 | 2307838.65 | 357 | 526760.98 | 2306771.29 | 659 | 525746.80 | 2306861.13 | 961 | 524063.98 | 2306403.97 |
| 56 | 526161.14 | 2307838.69 | 358 | 526758.67 | 2306771.79 | 660 | 525746.10 | 2306858.32 | 962 | 524062.38 | 2306416.17 |
| 57 | 526162.96 | 2307838.42 | 359 | 526757.96 | 2306771.96 | 661 | 525746.22 | 2306857.86 | 963 | 524060.79 | 2306426.62 |
| 58 | 526174.52 | 2307837.04 | 360 | 526757.52 | 2306772.05 | 662 | 525734.62 | 2306812.45 | 964 | 524067.08 | 2306427.35 |
| 59 | 526182.69 | 2307837.99 | 361 | 526757.14 | 2306772.16 | 663 | 525719.86 | 2306753.51 | 965 | 524078.03 | 2306428.94 |
| 60 | 526185.92 | 2307838.40 | 362 | 526756.52 | 2306772.31 | 664 | 525719.39 | 2306752.85 | 966 | 524079.71 | 2306438.09 |
| 61 | 526194.12 | 2307844.68 | 363 | 526753.71 | 2306773.05 | 665 | 525719.36 | 2306752.71 | 967 | 524083.98 | 2306461.93 |
| 62 | 526195.37 | 2307847.70 | 364 | 526751.56 | 2306773.67 | 666 | 525709.94 | 2306739.11 | 968 | 524084.07 | 2306461.81 |
| 63 | 526198.14 | 2307855.56 | 365 | 526748.46 | 2306774.65 | 667 | 525699.41 | 2306716.19 | 969 | 524084.09 | 2306461.93 |
| 64 | 526198.40 | 2307855.00 | 366 | 526747.26 | 2306775.06 | 668 | 525698.62 | 2306714.42 | 970 | 524107.04 | 2306434.88 |
| 65 | 526198.50 | 2307855.25 | 367 | 526745.84 | 2306775.57 | 669 | 525699.99 | 2306710.16 | 971 | 524125.95 | 2306423.89 |
| 66 | 526202.93 | 2307845.25 | 368 | 526744.37 | 2306776.11 | 670 | 525707.03 | 2306689.14 | 972 | 524127.22 | 2306423.84 |
| 67 | 526208.53 | 2307833.22 | 369 | 526741.43 | 2306777.27 | 671 | 525689.12 | 2306664.23 | 973 | 524143.02 | 2306423.81 |
| 68 | 526216.55 | 2307812.87 | 370 | 526739.90 | 2306777.91 | 672 | 525689.75 | 2306627.53 | 974 | 524149.50 | 2306415.30 |
| 69 | 526224.26 | 2307807.61 | 371 | 526739.06 | 2306778.28 | 673 | 525689.81 | 2306624.70 | 975 | 524131.40 | 2306366.84 |
| 70 | 526238.92 | 2307796.81 | 372 | 526737.99 | 2306778.72 | 674 | 525689.80 | 2306624.67 | 976 | 524129.91 | 2306348.33 |
| 71 | 526247.22 | 2307790.88 | 373 | 526737.10 | 2306779.16 | 675 | 525689.81 | 2306624.40 | 977 | 524141.36 | 2306351.26 |
| 72 | 526249.54 | 2307791.91 | 374 | 526736.19 | 2306779.58 | 676 | 525686.60 | 2306617.67 | 978 | 524144.88 | 2306352.31 |
| 73 | 526253.57 | 2307793.90 | 375 | 526734.73 | 2306780.29 | 677 | 525684.47 | 2306605.08 | 979 | 524145.09 | 2306352.22 |
| 74 | 526247.88 | 2307800.70 | 376 | 526733.11 | 2306781.10 | 678 | 525678.53 | 2306592.83 | 980 | 524145.49 | 2306352.32 |
| 75 | 526252.17 | 2307802.83 | 377 | 526732.25 | 2306781.55 | 679 | 525665.73 | 2306584.46 | 981 | 524162.69 | 2306344.83 |
| 76 | 526269.24 | 2307803.53 | 378 | 526728.89 | 2306783.37 | 680 | 525664.23 | 2306583.57 | 982 | 524174.79 | 2306339.75 |
| 77 | 526274.99 | 2307803.50 | 379 | 526723.70 | 2306786.52 | 681 | 525664.12 | 2306583.50 | 983 | 524180.80 | 2306330.74 |
| 78 | 526278.05 | 2307799.41 | 380 | 526723.57 | 2306786.61 | 682 | 525651.22 | 2306575.83 | 984 | 524187.04 | 2306321.83 |
| 79 | 526278.41 | 2307799.43 | 381 | 526723.08 | 2306786.90 | 683 | 525651.19 | 2306575.83 | 985 | 524195.12 | 2306323.37 |
| 80 | 526278.26 | 2307799.62 | 382 | 526721.84 | 2306787.76 | 684 | 525651.08 | 2306575.77 | 986 | 524201.50 | 2306324.63 |
| 81 | 526311.87 | 2307799.50 | 383 | 526720.75 | 2306788.48 | 685 | 525633.65 | 2306578.76 | 987 | 524205.30 | 2306329.97 |
| 82 | 526329.47 | 2307802.12 | 384 | 526716.98 | 2306791.09 | 686 | 525626.13 | 2306580.01 | 988 | 524212.35 | 2306340.68 |
| 83 | 526338.36 | 2307803.63 | 385 | 526713.39 | 2306793.56 | 687 | 525614.36 | 2306568.56 | 989 | 524227.24 | 2306331.51 |
| 84 | 526343.74 | 2307801.94 | 386 | 526710.18 | 2306795.78 | 688 | 525612.35 | 2306549.73 | 990 | 524243.09 | 2306327.89 |
| 85 | 526365.73 | 2307795.17 | 387 | 526708.04 | 2306797.26 | 689 | 525612.23 | 2306549.53 | 991 | 524296.26 | 2306362.15 |
| 86 | 526366.07 | 2307794.89 | 388 | 526703.77 | 2306800.21 | 690 | 525612.23 | 2306549.51 | 992 | 524299.90 | 2306364.50 |
| 87 | 526366.25 | 2307794.83 | 389 | 526699.32 | 2306803.28 | 691 | 525606.31 | 2306538.89 | 993 | 524358.33 | 2306328.38 |
| 88 | 526391.58 | 2307773.70 | 390 | 526696.74 | 2306805.06 | 692 | 525612.47 | 2306511.57 | 994 | 524358.93 | 2306347.01 |
| 89 | 526407.85 | 2307769.06 | 391 | 526693.80 | 2306807.09 | 693 | 525605.17 | 2306493.02 | 995 | 524359.28 | 2306368.16 |
| 90 | 526416.92 | 2307766.61 | 392 | 526690.33 | 2306809.48 | 694 | 525598.21 | 2306476.80 | 996 | 524356.95 | 2306374.12 |
| 91 | 526417.55 | 2307766.29 | 393 | 526687.60 | 2306811.37 | 695 | 525598.14 | 2306476.83 | 997 | 524352.20 | 2306384.97 |
| 92 | 526418.09 | 2307766.13 | 394 | 526685.66 | 2306812.71 | 696 | 525598.13 | 2306476.81 | 998 | 524345.90 | 2306392.07 |
| 93 | 526428.17 | 2307760.92 | 395 | 526683.26 | 2306814.37 | 697 | 525597.02 | 2306477.36 | 999 | 524333.66 | 2306405.09 |
| 94 | 526433.78 | 2307758.09 | 396 | 526681.03 | 2306815.87 | 698 | 525592.71 | 2306479.41 | 1000 | 524330.58 | 2306414.54 |
| 95 | 526455.97 | 2307755.69 | 397 | 526680.37 | 2306816.29 | 699 | 525583.82 | 2306480.38 | 1001 | 524321.37 | 2306440.64 |
| 96 | 526461.17 | 2307754.92 | 398 | 526676.45 | 2306818.67 | 700 | 525512.07 | 2306487.83 | 1002 | 524298.84 | 2306493.10 |
| 97 | 526472.21 | 2307753.69 | 399 | 526674.23 | 2306819.90 | 701 | 525506.28 | 2306487.70 | 1003 | 524289.34 | 2306543.20 |
| 98 | 526481.87 | 2307751.14 | 400 | 526671.02 | 2306821.54 | 702 | 525446.61 | 2306486.22 | 1004 | 524288.72 | 2306546.29 |
| 99 | 526491.72 | 2307748.79 | 401 | 526669.98 | 2306822.02 | 703 | 525433.65 | 2306480.11 | 1005 | 524288.72 | 2306546.49 |
| 100 | 526527.59 | 2307739.17 | 402 | 526665.51 | 2306823.97 | 704 | 525415.10 | 2306471.16 | 1006 | 524288.60 | 2306547.09 |

| Ubicación de las Unidades Mineras de acuerdo con los polígonos de agrupación Coordenadas UTM (WGS-84, Zona 14N) | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 101 | 526535.06 | 2307737.10 | 403 | 526664.52 | 2306824.38 | 705 | 525414.64 | 2306471.14 | 1007 | 524288.69 | 2306551.32 |
| 102 | 526551.92 | 2307732.65 | 404 | 526662.81 | 2306825.02 | 706 | 525414.61 | 2306471.12 | 1008 | 524288.67 | 2306556.44 |
| 103 | 526568.34 | 2307731.45 | 405 | 526659.21 | 2306826.29 | 707 | 525406.96 | 2306470.75 | 1009 | 524289.00 | 2306565.96 |
| 104 | 526576.11 | 2307735.90 | 406 | 526652.30 | 2306828.69 | 708 | 525362.29 | 2306468.51 | 1010 | 524289.64 | 2306596.56 |
| 105 | 526581.13 | 2307738.94 | 407 | 526651.33 | 2306829.06 | 709 | 525361.97 | 2306468.57 | 1011 | 524289.25 | 2306602.31 |
| 106 | 526582.65 | 2307739.59 | 408 | 526651.21 | 2306829.10 | 710 | 525361.96 | 2306468.57 | 1012 | 524287.08 | 2306628.53 |
| 107 | 526601.77 | 2307747.98 | 409 | 526648.83 | 2306829.95 | 711 | 525360.15 | 2306468.87 | 1013 | 524285.89 | 2306651.01 |
| 108 | 526624.48 | 2307742.56 | 410 | 526646.04 | 2306831.01 | 712 | 525290.96 | 2306480.47 | 1014 | 524285.40 | 2306658.20 |
| 109 | 526624.49 | 2307742.55 | 411 | 526642.64 | 2306832.42 | 713 | 525263.06 | 2306413.91 | 1015 | 524285.39 | 2306660.45 |
| 110 | 526624.58 | 2307742.53 | 412 | 526641.49 | 2306832.95 | 714 | 525261.44 | 2306406.89 | 1016 | 524285.27 | 2306662.89 |
| 111 | 526626.34 | 2307740.86 | 413 | 526639.54 | 2306833.78 | 715 | 525276.32 | 2306363.60 | 1017 | 524284.88 | 2306703.00 |
| 112 | 526633.07 | 2307734.69 | 414 | 526638.13 | 2306834.52 | 716 | 525323.33 | 2306253.41 | 1018 | 524290.84 | 2306719.12 |
| 113 | 526647.45 | 2307735.33 | 415 | 526636.14 | 2306835.51 | 717 | 525326.10 | 2306246.95 | 1019 | 524292.75 | 2306728.55 |
| 114 | 526665.04 | 2307724.06 | 416 | 526634.25 | 2306836.51 | 718 | 525331.45 | 2306168.10 | 1020 | 524295.99 | 2306744.71 |
| 115 | 526674.00 | 2307714.55 | 417 | 526633.16 | 2306837.11 | 719 | 525331.47 | 2306150.85 | 1021 | 524277.23 | 2306861.86 |
| 116 | 526678.14 | 2307691.08 | 418 | 526631.24 | 2306838.20 | 720 | 525331.55 | 2306141.50 | 1022 | 524277.84 | 2306888.62 |
| 117 | 526695.01 | 2307668.98 | 419 | 526628.09 | 2306840.11 | 721 | 525331.47 | 2306141.41 | 1023 | 524277.92 | 2306894.43 |
| 118 | 526705.80 | 2307655.12 | 420 | 526627.94 | 2306840.21 | 722 | 525331.47 | 2306141.30 | 1024 | 524275.65 | 2306927.15 |
| 119 | 526722.88 | 2307639.88 | 421 | 526627.09 | 2306840.70 | 723 | 525323.48 | 2306133.22 | 1025 | 524273.54 | 2306953.48 |
| 120 | 526751.44 | 2307628.00 | 422 | 526626.27 | 2306841.28 | 724 | 525321.00 | 2306130.69 | 1026 | 524277.60 | 2307035.26 |
| 121 | 526781.53 | 2307629.01 | 423 | 526625.73 | 2306841.63 | 725 | 525317.64 | 2306128.39 | 1027 | 524278.74 | 2307059.31 |
| 122 | 526782.21 | 2307628.47 | 424 | 526623.81 | 2306842.93 | 726 | 525303.50 | 2306118.66 | 1028 | 524278.84 | 2307060.24 |
| 123 | 526794.68 | 2307618.85 | 425 | 526621.75 | 2306844.40 | 727 | 525295.43 | 2306119.01 | 1029 | 524278.84 | 2307060.27 |
| 124 | 526795.58 | 2307615.08 | 426 | 526619.20 | 2306846.36 | 728 | 525290.35 | 2306119.21 | 1030 | 524284.30 | 2307112.14 |
| 125 | 526802.08 | 2307588.94 | 427 | 526617.70 | 2306847.45 | 729 | 525269.26 | 2306099.87 | 1031 | 524284.97 | 2307115.77 |
| 126 | 526806.81 | 2307575.85 | 428 | 526613.99 | 2306850.61 | 730 | 525278.33 | 2306071.68 | 1032 | 524285.05 | 2307116.50 |
| 127 | 526810.08 | 2307567.47 | 429 | 526611.06 | 2306853.18 | 731 | 525284.51 | 2306052.69 | 1033 | 524287.66 | 2307131.46 |
| 128 | 526820.97 | 2307566.80 | 430 | 526609.52 | 2306854.53 | 732 | 525284.46 | 2306052.61 | 1034 | 524288.36 | 2307141.60 |
| 129 | 526833.14 | 2307566.41 | 431 | 526607.85 | 2306855.99 | 733 | 525284.48 | 2306052.57 | 1035 | 524288.94 | 2307153.21 |
| 130 | 526853.85 | 2307550.55 | 432 | 526606.19 | 2306857.44 | 734 | 525274.37 | 2306032.44 | 1036 | 524288.62 | 2307173.46 |
| 131 | 526855.61 | 2307541.80 | 433 | 526604.80 | 2306858.65 | 735 | 525255.98 | 2305992.49 | 1037 | 524285.69 | 2307260.16 |
| 132 | 526856.93 | 2307536.26 | 434 | 526604.51 | 2306858.90 | 736 | 525238.08 | 2305976.07 | 1038 | 524280.78 | 2307272.80 |
| 133 | 526865.06 | 2307522.83 | 435 | 526599.16 | 2306863.47 | 737 | 525206.29 | 2305946.80 | 1039 | 524273.79 | 2307289.43 |
| 134 | 526867.79 | 2307518.70 | 436 | 526596.38 | 2306865.57 | 738 | 525197.72 | 2305921.47 | 1040 | 524267.27 | 2307307.12 |
| 135 | 526877.34 | 2307509.98 | 437 | 526592.55 | 2306868.41 | 739 | 525196.91 | 2305916.92 | 1041 | 524266.76 | 2307308.92 |
| 136 | 526891.88 | 2307505.51 | 438 | 526590.79 | 2306869.56 | 740 | 525191.90 | 2305888.29 | 1042 | 524265.86 | 2307311.22 |
| 137 | 526892.01 | 2307505.31 | 439 | 526589.51 | 2306870.37 | 741 | 525189.98 | 2305884.03 | 1043 | 524258.25 | 2307337.66 |
| 138 | 526892.31 | 2307505.22 | 440 | 526586.12 | 2306872.40 | 742 | 525187.93 | 2305879.24 | 1044 | 524259.68 | 2307339.73 |
| 139 | 526900.16 | 2307493.05 | 441 | 526580.74 | 2306875.54 | 743 | 525185.28 | 2305876.20 | 1045 | 524261.95 | 2307343.43 |
| 140 | 526900.33 | 2307492.37 | 442 | 526577.48 | 2306877.44 | 744 | 525180.60 | 2305870.62 | 1046 | 524271.63 | 2307380.30 |
| 141 | 526900.51 | 2307492.10 | 443 | 526572.84 | 2306880.16 | 745 | 525184.55 | 2305852.36 | 1047 | 524289.24 | 2307385.93 |
| 142 | 526904.34 | 2307477.33 | 444 | 526569.03 | 2306882.39 | 746 | 525181.87 | 2305842.22 | 1048 | 524306.34 | 2307391.88 |
| 143 | 526918.96 | 2307463.29 | 445 | 526563.90 | 2306885.39 | 747 | 525180.38 | 2305836.47 | 1049 | 524339.73 | 2307427.71 |
| 144 | 526918.73 | 2307459.50 | 446 | 526560.64 | 2306887.29 | 748 | 525180.35 | 2305836.46 | 1050 | 524340.20 | 2307427.77 |
| 145 | 526918.79 | 2307456.44 | 447 | 526557.43 | 2306889.17 | 749 | 525180.35 | 2305836.44 | 1051 | 524340.41 | 2307427.99 |
| 146 | 526926.03 | 2307455.62 | 448 | 526554.97 | 2306890.60 | 750 | 525178.38 | 2305836.14 | 1052 | 524343.47 | 2307428.25 |
| 147 | 526929.64 | 2307451.06 | 449 | 526550.66 | 2306893.13 | 751 | 525163.03 | 2305833.64 | 1053 | 524370.24 | 2307439.64 |
| 148 | 526930.66 | 2307449.99 | 450 | 526546.41 | 2306895.61 | 752 | 525142.74 | 2305798.45 | 1054 | 524370.20 | 2307439.68 |
| 149 | 526938.93 | 2307449.91 | 451 | 526544.65 | 2306896.38 | 753 | 525120.61 | 2305772.92 | 1055 | 524375.33 | 2307441.81 |
| 150 | 526946.31 | 2307450.10 | 452 | 526542.03 | 2306897.50 | 754 | 525084.55 | 2305731.04 | 1056 | 524401.33 | 2307452.87 |
| 151 | 526960.72 | 2307435.73 | 453 | 526537.96 | 2306898.82 | 755 | 525069.48 | 2305688.39 | 1057 | 524453.47 | 2307474.19 |
| 152 | 526971.39 | 2307420.24 | 454 | 526537.18 | 2306899.11 | 756 | 525074.40 | 2305674.79 | 1058 | 524456.59 | 2307475.48 |
| 153 | 526971.89 | 2307419.75 | 455 | 526532.57 | 2306900.83 | 757 | 525075.94 | 2305670.67 | 1059 | 524479.15 | 2307516.64 |
| 154 | 526984.39 | 2307408.00 | 456 | 526530.93 | 2306901.57 | 758 | 525075.91 | 2305670.63 | 1060 | 524479.73 | 2307518.13 |
| 155 | 526999.32 | 2307385.08 | 457 | 526529.42 | 2306902.20 | 759 | 525075.92 | 2305670.63 | 1061 | 524488.83 | 2307541.49 |
| 156 | 527027.47 | 2307350.77 | 458 | 526527.67 | 2306903.03 | 760 | 525053.18 | 2305641.07 | 1062 | 524488.90 | 2307541.54 |
| 157 | 527037.30 | 2307339.35 | 459 | 526525.56 | 2306903.97 | 761 | 525039.80 | 2305637.20 | 1063 | 524488.92 | 2307541.57 |
| 158 | 527045.27 | 2307332.43 | 460 | 526524.93 | 2306904.33 | 762 | 525026.66 | 2305643.69 | 1064 | 524498.83 | 2307548.13 |
| 159 | 527049.14 | 2307329.20 | 461 | 526524.24 | 2306904.65 | 763 | 525021.61 | 2305654.39 | 1065 | 524500.10 | 2307548.51 |
| 160 | 527054.38 | 2307324.52 | 462 | 526515.73 | 2306909.45 | 764 | 525018.80 | 2305660.15 | 1066 | 524510.74 | 2307551.81 |
| 161 | 527062.68 | 2307317.32 | 463 | 526515.43 | 2306909.65 | 765 | 525012.94 | 2305675.25 | 1067 | 524510.86 | 2307551.78 |
| 162 | 527063.00 | 2307317.12 | 464 | 526514.96 | 2306909.92 | 766 | 525011.85 | 2305678.00 | 1068 | 524510.90 | 2307551.79 |
| 163 | 527077.23 | 2307308.50 | 465 | 526510.02 | 2306913.25 | 767 | 525011.83 | 2305678.13 | 1069 | 524518.68 | 2307549.35 |

| Ubicación de las Unidades Mineras de acuerdo con los polígonos de agrupación Coordenadas UTM (WGS-84, Zona 14N) | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 164 | 527079.22 | 2307306.50 | 466 | 526507.99 | 2306914.81 | 768 | 525011.73 | 2305678.38 | 1070 | 524526.67 | 2307551.47 |
| 165 | 527086.05 | 2307299.94 | 467 | 526505.78 | 2306916.46 | 769 | 525010.89 | 2305683.25 | 1071 | 524527.91 | 2307551.01 |
| 166 | 527090.54 | 2307296.20 | 468 | 526502.82 | 2306918.91 | 770 | 525008.40 | 2305696.86 | 1072 | 524527.91 | 2307550.99 |
| 167 | 527095.02 | 2307286.07 | 469 | 526501.31 | 2306920.12 | 771 | 525008.51 | 2305697.06 | 1073 | 524527.93 | 2307550.98 |
| 168 | 527095.96 | 2307281.93 | 470 | 526498.15 | 2306923.09 | 772 | 525008.47 | 2305697.31 | 1074 | 524526.98 | 2307543.35 |
| 169 | 527098.55 | 2307271.01 | 471 | 526497.79 | 2306923.42 | 773 | 525016.32 | 2305710.82 | 1075 | 524526.44 | 2307538.81 |
| 170 | 527099.19 | 2307266.84 | 472 | 526497.21 | 2306924.01 | 774 | 525003.34 | 2305731.81 | 1076 | 524531.01 | 2307533.13 |
| 171 | 527099.66 | 2307264.25 | 473 | 526495.69 | 2306925.49 | 775 | 525003.01 | 2305732.45 | 1077 | 524551.22 | 2307508.17 |
| 172 | 527099.60 | 2307264.08 | 474 | 526494.73 | 2306926.52 | 776 | 525002.94 | 2305732.56 | 1078 | 524559.75 | 2307497.65 |
| 173 | 527099.65 | 2307263.79 | 475 | 526493.39 | 2306927.89 | 777 | 525002.09 | 2305734.22 | 1079 | 524569.05 | 2307486.49 |
| 174 | 527096.89 | 2307255.37 | 476 | 526489.17 | 2306932.43 | 778 | 524984.98 | 2305767.05 | 1080 | 524574.63 | 2307482.60 |
| 175 | 527093.46 | 2307244.35 | 477 | 526484.00 | 2306937.99 | 779 | 524983.78 | 2305773.75 | 1081 | 524574.67 | 2307482.66 |
| 176 | 527084.41 | 2307231.67 | 478 | 526478.40 | 2306944.02 | 780 | 524982.69 | 2305779.73 | 1082 | 524574.66 | 2307482.67 |
| 177 | 527080.16 | 2307226.68 | 479 | 526474.19 | 2306948.55 | 781 | 524962.78 | 2305787.44 | 1083 | 524576.31 | 2307485.08 |
| 178 | 527074.91 | 2307220.36 | 480 | 526471.27 | 2306951.69 | 782 | 524951.34 | 2305791.73 | 1084 | 524579.02 | 2307489.05 |
| 179 | 527075.76 | 2307211.88 | 481 | 526466.77 | 2306956.53 | 783 | 524951.40 | 2305791.92 | 1085 | 524612.06 | 2307522.39 |
| 180 | 527073.10 | 2307194.50 | 482 | 526465.03 | 2306958.37 | 784 | 524951.46 | 2305793.23 | 1086 | 524634.55 | 2307545.12 |
| 181 | 527073.37 | 2307185.13 | 483 | 526462.69 | 2306960.66 | 785 | 524940.39 | 2305796.61 | 1087 | 524638.34 | 2307550.82 |
| 182 | 527073.66 | 2307179.34 | 484 | 526460.55 | 2306962.61 | 786 | 524945.65 | 2305801.85 | 1088 | 524678.37 | 2307611.21 |
| 183 | 527081.12 | 2307163.32 | 485 | 526458.38 | 2306964.45 | 787 | 524943.96 | 2305816.51 | 1089 | 524678.68 | 2307611.43 |
| 184 | 527081.85 | 2307154.17 | 486 | 526456.30 | 2306966.14 | 788 | 524942.29 | 2305821.22 | 1090 | 524678.89 | 2307611.74 |
| 185 | 527082.25 | 2307150.29 | 487 | 526444.12 | 2306975.30 | 789 | 524939.84 | 2305827.66 | 1091 | 524698.65 | 2307624.84 |
| 186 | 527085.95 | 2307141.03 | 488 | 526442.98 | 2306976.15 | 790 | 524923.12 | 2305858.33 | 1092 | 524699.39 | 2307628.61 |
| 187 | 527088.67 | 2307134.73 | 489 | 526438.37 | 2306979.61 | 791 | 524903.47 | 2305894.13 | 1093 | 524699.58 | 2307629.71 |
| 188 | 527088.38 | 2307111.71 | 490 | 526435.12 | 2306982.05 | 792 | 524903.46 | 2305894.39 | 1094 | 524699.62 | 2307629.74 |
| 189 | 527092.03 | 2307107.05 | 491 | 526432.77 | 2306983.82 | 793 | 524903.44 | 2305894.42 | 1095 | 524699.63 | 2307629.83 |
| 190 | 527095.73 | 2307102.58 | 492 | 526427.77 | 2306987.56 | 794 | 524901.94 | 2305918.34 | 1096 | 524704.23 | 2307634.13 |
| 191 | 527097.27 | 2307099.26 | 493 | 526421.28 | 2306992.43 | 795 | 524900.42 | 2305916.38 | 1097 | 524710.89 | 2307641.64 |
| 192 | 527103.15 | 2307086.97 | 494 | 526416.04 | 2306996.36 | 796 | 524887.30 | 2305898.89 | 1098 | 524716.01 | 2307647.03 |
| 193 | 527103.24 | 2307076.79 | 495 | 526411.75 | 2306999.58 | 797 | 524868.07 | 2305874.70 | 1099 | 524725.75 | 2307656.52 |
| 194 | 527117.85 | 2307061.80 | 496 | 526409.40 | 2307001.23 | 798 | 524866.01 | 2305872.04 | 1100 | 524736.14 | 2307665.98 |
| 195 | 527122.12 | 2307057.50 | 497 | 526408.15 | 2307002.06 | 799 | 524865.93 | 2305872.01 | 1101 | 524747.43 | 2307675.11 |
| 196 | 527128.91 | 2307037.61 | 498 | 526404.31 | 2307004.26 | 800 | 524865.81 | 2305871.86 | 1102 | 524753.18 | 2307679.23 |
| 197 | 527129.00 | 2307037.20 | 499 | 526403.19 | 2307004.78 | 801 | 524829.23 | 2305856.82 | 1103 | 524753.26 | 2307679.28 |
| 198 | 527129.49 | 2307035.81 | 500 | 526401.57 | 2307005.48 | 802 | 524822.26 | 2305842.59 | 1104 | 524764.44 | 2307687.30 |
| 199 | 527136.58 | 2307003.49 | 501 | 526399.23 | 2307006.36 | 803 | 524813.58 | 2305824.53 | 1105 | 524773.76 | 2307694.31 |
| 200 | 527136.77 | 2307002.67 | 502 | 526396.57 | 2307007.14 | 804 | 524756.08 | 2305824.40 | 1106 | 524779.01 | 2307698.29 |
| 201 | 527140.55 | 2306980.29 | 503 | 526393.30 | 2307007.82 | 805 | 524687.33 | 2305891.26 | 1107 | 524785.31 | 2307701.73 |
| 202 | 527138.86 | 2306962.37 | 504 | 526392.85 | 2307007.88 | 806 | 524672.45 | 2305916.89 | 1108 | 524793.11 | 2307706.00 |
| 203 | 527136.24 | 2306949.62 | 505 | 526389.16 | 2307008.30 | 807 | 524661.75 | 2305935.23 | 1109 | 524799.83 | 2307708.62 |
| 204 | 527133.92 | 2306937.77 | 506 | 526385.71 | 2307008.32 | 808 | 524661.71 | 2305935.42 | 1110 | 524801.08 | 2307709.13 |
| 205 | 527142.55 | 2306925.89 | 507 | 526383.35 | 2307008.19 | 809 | 524661.55 | 2305935.69 | 1111 | 524801.13 | 2307709.13 |
| 206 | 527143.47 | 2306924.94 | 508 | 526379.96 | 2307007.79 | 810 | 524658.51 | 2305949.00 | 1112 | 524801.32 | 2307709.21 |
| 207 | 527147.55 | 2306920.87 | 509 | 526379.38 | 2307007.70 | 811 | 524650.34 | 2305983.67 | 1113 | 524812.62 | 2307709.20 |
| 208 | 527150.24 | 2306909.56 | 510 | 526376.35 | 2307006.99 | 812 | 524619.27 | 2305994.89 | 1114 | 524822.78 | 2307709.00 |
| 209 | 527149.44 | 2306897.86 | 511 | 526375.48 | 2307006.76 | 813 | 524595.10 | 2305997.87 | 1115 | 524833.91 | 2307706.17 |
| 210 | 527147.80 | 2306893.18 | 512 | 526373.12 | 2307005.99 | 814 | 524589.05 | 2306000.19 | 1116 | 524839.40 | 2307704.82 |
| 211 | 527145.19 | 2306885.46 | 513 | 526372.24 | 2307005.66 | 815 | 524582.03 | 2306002.85 | 1117 | 524843.72 | 2307704.12 |
| 212 | 527145.11 | 2306885.48 | 514 | 526369.61 | 2307004.55 | 816 | 524573.71 | 2306008.72 | 1118 | 524845.68 | 2307703.81 |
| 213 | 527145.07 | 2306885.39 | 515 | 526369.47 | 2307004.48 | 817 | 524573.14 | 2306009.26 | 1119 | 524855.42 | 2307699.87 |
| 214 | 527139.07 | 2306886.87 | 516 | 526366.38 | 2307002.84 | 818 | 524573.05 | 2306009.32 | 1120 | 524863.23 | 2307697.28 |
| 215 | 527138.87 | 2306886.92 | 517 | 526364.17 | 2307001.44 | 819 | 524565.97 | 2306016.04 | 1121 | 524865.96 | 2307695.84 |
| 216 | 527128.93 | 2306870.24 | 518 | 526362.01 | 2306999.86 | 820 | 524562.52 | 2306019.31 | 1122 | 524866.25 | 2307695.73 |
| 217 | 527130.86 | 2306864.21 | 519 | 526355.65 | 2306994.34 | 821 | 524561.66 | 2306020.14 | 1123 | 524866.33 | 2307695.64 |
| 218 | 527130.63 | 2306854.87 | 520 | 526350.39 | 2306989.71 | 822 | 524553.50 | 2306027.88 | 1124 | 524869.56 | 2307693.94 |
| 219 | 527130.53 | 2306849.35 | 521 | 526341.34 | 2306981.72 | 823 | 524545.74 | 2306033.10 | 1125 | 524877.79 | 2307688.50 |
| 220 | 527130.49 | 2306849.35 | 522 | 526335.67 | 2306976.72 | 824 | 524541.10 | 2306036.12 | 1126 | 524891.03 | 2307677.67 |
| 221 | 527130.49 | 2306849.32 | 523 | 526329.28 | 2306971.09 | 825 | 524535.45 | 2306038.16 | 1127 | 524890.87 | 2307678.02 |
| 222 | 527116.44 | 2306848.03 | 524 | 526325.99 | 2306968.19 | 826 | 524525.10 | 2306041.83 | 1128 | 524890.75 | 2307678.14 |
| 223 | 527115.98 | 2306852.06 | 525 | 526326.66 | 2306965.00 | 827 | 524524.86 | 2306037.33 | 1129 | 524889.95 | 2307680.00 |
| 224 | 527115.00 | 2306859.80 | 526 | 526334.00 | 2306944.53 | 828 | 524524.74 | 2306030.33 | 1130 | 524884.72 | 2307691.28 |
| 225 | 527106.14 | 2306864.83 | 527 | 526337.05 | 2306936.11 | 829 | 524523.57 | 2306012.85 | 1131 | 524864.98 | 2307710.20 |
| 226 | 527087.76 | 2306884.18 | 528 | 526337.06 | 2306936.01 | 830 | 524523.33 | 2306008.34 | 1132 | 524842.80 | 2307737.45 |

| Ubicación de las Unidades Mineras de acuerdo con los polígonos de agrupación Coordenadas UTM (WGS-84, Zona 14N) | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 227 | 527085.48 | 2306886.42 | 529 | 526337.10 | 2306935.90 | 831 | 524523.20 | 2306007.38 | 1133 | 524857.11 | 2307744.03 |
| 228 | 527076.57 | 2306888.92 | 530 | 526338.59 | 2306922.82 | 832 | 524523.15 | 2306006.59 | 1134 | 524862.52 | 2307746.54 |
| 229 | 527067.58 | 2306880.29 | 531 | 526337.59 | 2306918.21 | 833 | 524521.24 | 2305992.81 | 1135 | 524862.55 | 2307746.53 |
| 230 | 527066.71 | 2306879.28 | 532 | 526337.20 | 2306916.35 | 834 | 524521.17 | 2305992.28 | 1136 | 524862.61 | 2307746.55 |
| 231 | 527062.00 | 2306873.68 | 533 | 526338.18 | 2306907.69 | 835 | 524515.76 | 2305973.31 | 1137 | 524895.26 | 2307738.70 |
| 232 | 527061.85 | 2306873.58 | 534 | 526339.36 | 2306895.75 | 836 | 524515.13 | 2305971.07 | 1138 | 524921.14 | 2307728.05 |
| 233 | 527061.67 | 2306873.37 | 535 | 526339.33 | 2306895.63 | 837 | 524515.11 | 2305971.04 | 1139 | 524928.57 | 2307725.00 |
| 234 | 527060.01 | 2306872.29 | 536 | 526339.34 | 2306895.61 | 838 | 524514.85 | 2305970.13 | 1140 | 524938.01 | 2307721.36 |
| 235 | 527059.83 | 2306871.49 | 537 | 526332.95 | 2306862.33 | 839 | 524502.34 | 2305950.27 | 1141 | 524962.02 | 2307712.14 |
| 236 | 527059.66 | 2306870.34 | 538 | 526334.57 | 2306858.27 | 840 | 524495.01 | 2305939.74 | 1142 | 524976.81 | 2307706.40 |
| 237 | 527059.57 | 2306870.32 | 539 | 526340.91 | 2306842.50 | 841 | 524493.01 | 2305936.82 | 1143 | 524981.17 | 2307705.31 |
| 238 | 527059.53 | 2306870.16 | 540 | 526340.89 | 2306842.46 | 842 | 524488.86 | 2305927.28 | 1144 | 525002.53 | 2307699.99 |
| 239 | 527034.89 | 2306862.11 | 541 | 526340.94 | 2306842.34 | 843 | 524486.29 | 2305912.24 | 1145 | 525065.36 | 2307696.16 |
| 240 | 527020.65 | 2306863.04 | 542 | 526338.71 | 2306838.18 | 844 | 524485.95 | 2305909.47 | 1146 | 525091.18 | 2307692.73 |
| 241 | 527015.02 | 2306863.35 | 543 | 526338.93 | 2306837.07 | 845 | 524484.97 | 2305899.77 | 1147 | 525096.62 | 2307690.23 |
| 242 | 527014.25 | 2306859.15 | 544 | 526338.76 | 2306832.54 | 846 | 524481.89 | 2305884.96 | 1148 | 525098.68 | 2307689.30 |
| 243 | 527013.10 | 2306852.31 | 545 | 526337.53 | 2306827.65 | 847 | 524479.41 | 2305872.69 | 1149 | 525098.76 | 2307689.25 |
| 244 | 526998.52 | 2306849.53 | 546 | 526337.89 | 2306826.19 | 848 | 524479.35 | 2305872.75 | 1150 | 525099.38 | 2307688.96 |
| 245 | 526998.51 | 2306849.54 | 547 | 526338.29 | 2306824.74 | 849 | 524479.33 | 2305872.65 | 1151 | 525102.85 | 2307686.58 |
| 246 | 526998.48 | 2306849.53 | 548 | 526337.22 | 2306817.09 | 850 | 524476.25 | 2305875.38 | 1152 | 525103.95 | 2307685.87 |
| 247 | 526996.66 | 2306850.72 | 549 | 526340.63 | 2306810.41 | 851 | 524470.25 | 2305880.48 | 1153 | 525104.03 | 2307685.77 |
| 248 | 526982.93 | 2306859.52 | 550 | 526341.35 | 2306808.51 | 852 | 524463.56 | 2305872.68 | 1154 | 525104.05 | 2307685.76 |
| 249 | 526982.04 | 2306860.77 | 551 | 526341.75 | 2306807.54 | 853 | 524463.48 | 2305872.77 | 1155 | 525119.64 | 2307668.39 |
| 250 | 526981.23 | 2306861.63 | 552 | 526341.94 | 2306807.17 | 854 | 524463.41 | 2305872.69 | 1156 | 525136.41 | 2307689.27 |
| 251 | 526977.44 | 2306861.80 | 553 | 526342.35 | 2306806.40 | 855 | 524444.89 | 2305895.16 | 1157 | 525137.11 | 2307690.38 |
| 252 | 526975.74 | 2306861.83 | 554 | 526342.40 | 2306806.24 | 856 | 524440.85 | 2305899.76 | 1158 | 525143.73 | 2307701.40 |
| 253 | 526971.36 | 2306858.34 | 555 | 526342.43 | 2306806.18 | 857 | 524435.84 | 2305906.03 | 1159 | 525171.56 | 2307741.29 |
| 254 | 526966.87 | 2306854.76 | 556 | 526343.54 | 2306802.43 | 858 | 524432.46 | 2305909.13 | 1160 | 525173.94 | 2307748.56 |
| 255 | 526961.87 | 2306850.77 | 557 | 526344.96 | 2306797.71 | 859 | 524423.05 | 2305917.65 | 1161 | 525190.12 | 2307798.32 |
| 256 | 526957.84 | 2306847.56 | 558 | 526345.18 | 2306797.27 | 860 | 524420.58 | 2305919.38 | 1162 | 525190.56 | 2307799.30 |
| 257 | 526953.49 | 2306844.09 | 559 | 526348.27 | 2306791.06 | 861 | 524415.35 | 2305922.92 | 1163 | 525190.57 | 2307799.31 |
| 258 | 526951.08 | 2306842.17 | 560 | 526352.63 | 2306787.19 | 862 | 524410.91 | 2305924.59 | 1164 | 525212.84 | 2307850.22 |
| 259 | 526948.15 | 2306839.83 | 561 | 526355.13 | 2306782.48 | 863 | 524394.55 | 2305930.61 | 1165 | 525213.49 | 2307851.63 |
| 260 | 526947.62 | 2306839.41 | 562 | 526358.51 | 2306776.85 | 864 | 524391.38 | 2305932.76 | 1166 | 525234.07 | 2307894.22 |
| 261 | 526946.64 | 2306838.63 | 563 | 526362.21 | 2306772.24 | 865 | 524384.51 | 2305937.34 | 1167 | 525268.70 | 2307921.26 |
| 262 | 526944.92 | 2306837.26 | 564 | 526362.77 | 2306771.55 | 866 | 524374.28 | 2305941.81 | 1168 | 525274.00 | 2307925.43 |
| 263 | 526943.57 | 2306836.19 | 565 | 526364.75 | 2306769.13 | 867 | 524368.42 | 2305944.31 | 1169 | 525233.15 | 2307961.65 |
| 264 | 526942.17 | 2306835.07 | 566 | 526366.43 | 2306765.50 | 868 | 524363.54 | 2305948.06 | 1170 | 525221.03 | 2307972.12 |
| 265 | 526940.38 | 2306833.64 | 567 | 526368.54 | 2306761.00 | 869 | 524362.75 | 2305955.29 | 1171 | 525180.48 | 2308019.95 |
| 266 | 526938.72 | 2306832.32 | 568 | 526368.80 | 2306760.47 | 870 | 524361.50 | 2305964.90 | 1172 | 525180.39 | 2308020.33 |
| 267 | 526936.97 | 2306830.93 | 569 | 526368.85 | 2306760.33 | 871 | 524361.68 | 2305972.71 | 1173 | 525180.04 | 2308020.74 |
| 268 | 526935.53 | 2306829.82 | 570 | 526368.95 | 2306760.12 | 872 | 524361.69 | 2305981.01 | 1174 | 525173.90 | 2308049.94 |
| 269 | 526934.03 | 2306828.69 | 571 | 526370.00 | 2306757.52 | 873 | 524359.04 | 2305996.70 | 1175 | 525173.87 | 2308050.32 |
| 270 | 526933.00 | 2306827.91 | 572 | 526373.14 | 2306749.81 | 874 | 524356.42 | 2306006.64 | 1176 | 525173.51 | 2308051.98 |
| 271 | 526930.25 | 2306825.91 | 573 | 526376.27 | 2306740.36 | 875 | 524353.31 | 2306017.87 | 1177 | 525172.22 | 2308068.90 |
| 272 | 526927.46 | 2306823.94 | 574 | 526376.84 | 2306726.68 | 876 | 524351.55 | 2306020.83 | 1178 | 525169.85 | 2308095.48 |
| 273 | 526925.14 | 2306822.36 | 575 | 526376.91 | 2306725.08 | 877 | 524345.21 | 2306031.24 | 1179 | 525149.48 | 2308169.84 |
| 274 | 526924.04 | 2306821.57 | 576 | 526376.61 | 2306724.06 | 878 | 524335.51 | 2306039.05 | 1180 | 525151.98 | 2308181.08 |
| 275 | 526922.98 | 2306820.92 | 577 | 526376.09 | 2306722.13 | 879 | 524278.76 | 2306033.71 | 1181 | 525163.89 | 2308235.08 |
| 276 | 526921.95 | 2306820.25 | 578 | 526376.09 | 2306722.12 | 880 | 524278.45 | 2306034.09 | 1182 | 525164.09 | 2308235.55 |
| 277 | 526920.87 | 2306819.55 | 579 | 526376.24 | 2306716.22 | 881 | 524278.40 | 2306034.08 | 1183 | 525164.31 | 2308236.54 |
| 278 | 526920.05 | 2306819.03 | 580 | 526375.90 | 2306713.75 | 882 | 524273.10 | 2306040.42 | 1184 | 525179.23 | 2308271.61 |
| 279 | 526919.19 | 2306818.49 | 581 | 526375.81 | 2306713.03 | 883 | 524273.16 | 2306040.49 | 1185 | 525178.25 | 2308290.13 |
| 280 | 526918.24 | 2306817.90 | 582 | 526376.84 | 2306707.31 | 884 | 524273.10 | 2306040.56 | 1186 | 525181.97 | 2308319.01 |
| 281 | 526917.14 | 2306817.23 | 583 | 526377.27 | 2306704.95 | 885 | 524274.10 | 2306041.64 | 1187 | 525182.23 | 2308321.12 |
| 282 | 526915.82 | 2306816.43 | 584 | 526378.91 | 2306700.70 | 886 | 524287.40 | 2306057.93 | 1188 | 525182.24 | 2308321.15 |
| 283 | 526914.21 | 2306815.47 | 585 | 526380.72 | 2306696.06 | 887 | 524317.26 | 2306088.47 | 1189 | 525182.33 | 2308321.86 |
| 284 | 526913.59 | 2306815.11 | 586 | 526380.73 | 2306695.96 | 888 | 524339.13 | 2306112.20 | 1190 | 525213.92 | 2308380.84 |
| 285 | 526912.80 | 2306814.62 | 587 | 526380.73 | 2306695.95 | 889 | 524339.43 | 2306112.30 | 1191 | 525216.77 | 2308386.21 |
| 286 | 526894.97 | 2306804.63 | 588 | 526381.08 | 2306686.79 | 890 | 524340.16 | 2306113.14 | 1192 | 525227.10 | 2308437.16 |
| 287 | 526879.88 | 2306796.20 | 589 | 526381.38 | 2306678.96 | 891 | 524365.05 | 2306121.56 | 1193 | 525227.31 | 2308437.21 |
| 288 | 526878.40 | 2306795.47 | 590 | 526381.99 | 2306671.02 | 892 | 524366.83 | 2306134.02 | 1194 | 525227.34 | 2308437.35 |
| 289 | 526876.62 | 2306794.50 | 591 | 526382.36 | 2306666.76 | 893 | 524369.63 | 2306149.23 | 1195 | 525229.89 | 2308437.76 |

| Ubicación de las Unidades Mineras de acuerdo con los polígonos de agrupación Coordenadas UTM (WGS-84, Zona 14N) | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 290 | 526873.30 | 2306792.78 | 592 | 526392.80 | 2306667.59 | 894 | 524384.02 | 2306165.41 | 1196 | 525293.70 | 2308451.42 |
| 291 | 526871.39 | 2306791.82 | 593 | 526399.26 | 2306668.15 | 895 | 524366.78 | 2306168.68 | 1197 | 525367.44 | 2308408.27 |
| 292 | 526868.96 | 2306790.63 | 594 | 526400.32 | 2306657.73 | 896 | 524345.73 | 2306172.25 | 1198 | 525366.49 | 2308389.48 |
| 293 | 526863.85 | 2306788.27 | 595 | 526400.09 | 2306655.13 | 897 | 524346.43 | 2306177.46 | 1199 | 525364.83 | 2308352.10 |
| 294 | 526863.75 | 2306788.22 | 596 | 526399.44 | 2306652.24 | 898 | 524360.92 | 2306287.35 | 1200 | 525365.86 | 2308350.04 |
| 295 | 526863.35 | 2306788.02 | 597 | 526399.36 | 2306651.88 | 899 | 524355.61 | 2306278.87 | 1201 | 525380.50 | 2308321.28 |
| 296 | 526862.76 | 2306787.78 | 598 | 526399.35 | 2306651.86 | 900 | 524344.94 | 2306261.67 | 1202 | 525383.35 | 2308308.91 |
| 297 | 526860.96 | 2306787.00 | 599 | 526399.34 | 2306651.81 | 901 | 524334.64 | 2306234.24 | 1203 | 525415.39 | 2308264.77 |
| 298 | 526857.76 | 2306785.65 | 600 | 526397.84 | 2306648.97 | 902 | 524319.56 | 2306193.46 | 1204 | 525412.47 | 2308234.52 |
| 299 | 526855.09 | 2306784.58 | 601 | 526398.97 | 2306646.01 | 903 | 524319.16 | 2306193.00 | 1205 | 525419.67 | 2308200.82 |
| 300 | 526852.29 | 2306783.50 | 602 | 526398.66 | 2306643.96 | 904 | 524295.44 | 2306164.92 | 1206 | 525431.29 | 2308147.00 |
| 301 | 526849.86 | 2306782.60 | 603 | 526398.66 | 2306643.95 | 905 | 524275.60 | 2306152.49 | 1207 | 525444.87 | 2308113.05 |
| 302 | 526849.47 | 2306782.45 | 604 | 526398.65 | 2306643.88 | 906 | 524258.46 | 2306141.58 | ----- | ----- | ----- |
| **Unidad Naopa Polígono de Agrupación 5.A** | | | | | | | | | | | |
| **ID** | **X** | **Y** | **ID** | **X** | **Y** | **ID** | **X** | **Y** | **ID** | **X** | **Y** |
| 1 | 525103.87 | 2305554.99 | 19 | 525124.89 | 2305459.09 | 37 | 524916.40 | 2305312.52 | 55 | 524894.44 | 2305503.73 |
| 2 | 525111.24 | 2305548.90 | 20 | 525117.16 | 2305459.42 | 38 | 524906.31 | 2305310.15 | 56 | 524921.05 | 2305507.44 |
| 3 | 525123.51 | 2305546.25 | 21 | 525103.58 | 2305444.78 | 39 | 524886.78 | 2305305.90 | 57 | 524936.61 | 2305515.09 |
| 4 | 525141.16 | 2305537.51 | 22 | 525097.23 | 2305440.86 | 40 | 524871.47 | 2305319.62 | 58 | 524951.45 | 2305520.76 |
| 5 | 525151.58 | 2305532.87 | 23 | 525081.06 | 2305440.60 | 41 | 524870.62 | 2305328.63 | 59 | 524959.08 | 2305527.85 |
| 6 | 525154.78 | 2305527.02 | 24 | 525077.53 | 2305438.10 | 42 | 524871.60 | 2305346.36 | 60 | 524959.13 | 2305535.66 |
| 7 | 525157.11 | 2305519.45 | 25 | 525073.35 | 2305415.41 | 43 | 524863.74 | 2305349.03 | 61 | 524967.15 | 2305543.28 |
| 8 | 525160.81 | 2305513.89 | 26 | 525055.66 | 2305401.12 | 44 | 524869.50 | 2305360.47 | 62 | 524976.19 | 2305553.45 |
| 9 | 525173.60 | 2305500.49 | 27 | 525034.44 | 2305377.04 | 45 | 524869.12 | 2305368.59 | 63 | 524980.93 | 2305550.43 |
| 10 | 525182.10 | 2305495.08 | 28 | 525021.22 | 2305368.30 | 46 | 524864.94 | 2305379.26 | 64 | 524991.42 | 2305551.68 |
| 11 | 525191.54 | 2305486.49 | 29 | 525012.60 | 2305357.62 | 47 | 524859.54 | 2305386.72 | 65 | 525010.04 | 2305554.66 |
| 12 | 525196.51 | 2305473.35 | 30 | 525011.35 | 2305344.06 | 48 | 524851.73 | 2305416.66 | 66 | 525019.02 | 2305555.83 |
| 13 | 525203.14 | 2305468.33 | 31 | 525015.45 | 2305326.19 | 49 | 524850.22 | 2305433.31 | 67 | 525034.68 | 2305555.96 |
| 14 | 525187.74 | 2305460.93 | 32 | 525005.28 | 2305320.49 | 50 | 524859.93 | 2305455.47 | 68 | 525050.88 | 2305558.22 |
| 15 | 525172.70 | 2305459.71 | 33 | 524986.76 | 2305312.95 | 51 | 524857.75 | 2305462.55 | 69 | 525067.16 | 2305566.55 |
| 16 | 525164.16 | 2305458.09 | 34 | 524957.74 | 2305315.75 | 52 | 524861.29 | 2305478.75 | 70 | 525077.75 | 2305568.51 |
| 17 | 525149.85 | 2305454.75 | 35 | 524948.82 | 2305315.59 | 53 | 524874.20 | 2305502.51 | 71 | 525089.73 | 2305565.09 |
| 18 | 525138.22 | 2305456.39 | 36 | 524932.71 | 2305315.38 | 54 | 524879.77 | 2305506.20 | 72 | 525094.84 | 2305560.70 |
| **Unidad Naopa Polígono de Agrupación 5.B** | | | | | | | | | | | |
| **ID** | **X** | **Y** | **ID** | **X** | **Y** | **ID** | **X** | **Y** | **ID** | **X** | **Y** |
| 1 | 522398.00 | 2309230.66 | 62 | 521964.11 | 2308959.36 | 123 | 521152.66 | 2309162.93 | 184 | 521877.63 | 2309463.35 |
| 2 | 522409.29 | 2309222.58 | 63 | 521929.25 | 2308972.48 | 124 | 521138.20 | 2309164.82 | 185 | 521896.47 | 2309473.48 |
| 3 | 522423.06 | 2309214.95 | 64 | 521916.97 | 2308966.26 | 125 | 521130.06 | 2309172.07 | 186 | 521931.44 | 2309479.59 |
| 4 | 522434.03 | 2309208.76 | 65 | 521906.29 | 2308953.34 | 126 | 521111.99 | 2309177.39 | 187 | 521943.40 | 2309496.07 |
| 5 | 522438.84 | 2309204.79 | 66 | 521886.83 | 2308944.73 | 127 | 521101.21 | 2309174.69 | 188 | 521974.62 | 2309492.81 |
| 6 | 522442.82 | 2309197.32 | 67 | 521881.94 | 2308947.81 | 128 | 521087.59 | 2309176.97 | 189 | 521993.79 | 2309499.24 |
| 7 | 522445.25 | 2309188.81 | 68 | 521873.38 | 2308945.20 | 129 | 521080.08 | 2309200.76 | 190 | 522020.43 | 2309492.00 |
| 8 | 522444.78 | 2309180.40 | 69 | 521867.98 | 2308938.41 | 130 | 521064.71 | 2309230.13 | 191 | 522043.39 | 2309499.22 |
| 9 | 522443.54 | 2309175.78 | 70 | 521831.55 | 2308933.41 | 131 | 521060.38 | 2309242.55 | 192 | 522073.47 | 2309479.87 |
| 10 | 522439.83 | 2309171.83 | 71 | 521806.83 | 2308930.07 | 132 | 521076.18 | 2309263.47 | 193 | 522082.40 | 2309473.81 |
| 11 | 522434.40 | 2309167.52 | 72 | 521799.17 | 2308920.41 | 133 | 521080.79 | 2309276.18 | 194 | 522105.93 | 2309469.25 |
| 12 | 522432.96 | 2309161.62 | 73 | 521792.04 | 2308919.72 | 134 | 521097.08 | 2309295.47 | 195 | 522114.50 | 2309463.55 |
| 13 | 522437.19 | 2309159.51 | 74 | 521783.39 | 2308922.35 | 135 | 521110.12 | 2309310.61 | 196 | 522115.72 | 2309452.13 |
| 14 | 522435.42 | 2309149.97 | 75 | 521772.61 | 2308913.87 | 136 | 521127.72 | 2309308.39 | 197 | 522133.59 | 2309440.19 |
| 15 | 522435.33 | 2309141.45 | 76 | 521762.08 | 2308899.24 | 137 | 521146.99 | 2309304.68 | 198 | 522155.62 | 2309443.22 |
| 16 | 522437.25 | 2309133.81 | 77 | 521730.68 | 2308914.57 | 138 | 521151.61 | 2309327.53 | 199 | 522181.12 | 2309447.73 |
| 17 | 522439.79 | 2309126.40 | 78 | 521723.48 | 2308912.21 | 139 | 521149.02 | 2309335.56 | 200 | 522190.21 | 2309442.25 |
| 18 | 522443.96 | 2309117.24 | 79 | 521714.50 | 2308904.55 | 140 | 521146.08 | 2309357.42 | 201 | 522203.80 | 2309410.98 |
| 19 | 522447.91 | 2309110.77 | 80 | 521712.93 | 2308896.72 | 141 | 521146.42 | 2309373.35 | 202 | 522223.06 | 2309408.31 |
| 20 | 522436.95 | 2309105.95 | 81 | 521702.42 | 2308894.89 | 142 | 521155.48 | 2309390.58 | 203 | 522274.42 | 2309410.62 |
| 21 | 522423.36 | 2309099.78 | 82 | 521685.55 | 2308895.75 | 143 | 521183.68 | 2309397.63 | 204 | 522282.51 | 2309405.06 |
| 22 | 522415.01 | 2309106.19 | 83 | 521682.23 | 2308886.21 | 144 | 521200.47 | 2309399.35 | 205 | 522299.62 | 2309393.85 |
| 23 | 522405.41 | 2309111.93 | 84 | 521673.82 | 2308881.29 | 145 | 521203.20 | 2309419.07 | 206 | 522320.39 | 2309395.27 |
| 24 | 522388.52 | 2309116.69 | 85 | 521667.04 | 2308882.15 | 146 | 521200.82 | 2309433.02 | 207 | 522337.71 | 2309393.11 |
| 25 | 522368.76 | 2309122.17 | 86 | 521653.73 | 2308888.92 | 147 | 521197.86 | 2309447.37 | 208 | 522346.72 | 2309392.48 |
| 26 | 522362.03 | 2309123.98 | 87 | 521634.17 | 2308903.12 | 148 | 521184.66 | 2309465.83 | 209 | 522352.05 | 2309385.48 |
| 27 | 522344.04 | 2309122.39 | 88 | 521624.36 | 2308895.72 | 149 | 521193.46 | 2309473.32 | 210 | 522366.67 | 2309371.37 |
| 28 | 522324.24 | 2309120.00 | 89 | 521613.77 | 2308895.56 | 150 | 521216.09 | 2309467.91 | 211 | 522380.39 | 2309358.45 |

| Ubicación de las Unidades Mineras de acuerdo con los polígonos de agrupación Coordenadas UTM (WGS-84, Zona 14N) | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 29 | 522322.99 | 2309119.82 | 90 | 521597.04 | 2308899.91 | 151 | 521225.69 | 2309467.32 | 212 | 522394.67 | 2309346.82 |
| 30 | 522292.14 | 2309115.72 | 91 | 521586.11 | 2308901.25 | 152 | 521231.73 | 2309467.98 | 213 | 522408.63 | 2309344.32 |
| 31 | 522278.98 | 2309114.00 | 92 | 521570.38 | 2308906.18 | 153 | 521261.08 | 2309481.00 | 214 | 522439.04 | 2309338.06 |
| 32 | 522256.65 | 2309112.49 | 93 | 521556.95 | 2308901.14 | 154 | 521279.26 | 2309505.57 | 215 | 522445.41 | 2309334.30 |
| 33 | 522247.55 | 2309115.05 | 94 | 521541.29 | 2308904.93 | 155 | 521301.31 | 2309529.82 | 216 | 522450.38 | 2309329.99 |
| 34 | 522241.12 | 2309111.69 | 95 | 521532.62 | 2308916.30 | 156 | 521299.53 | 2309552.77 | 217 | 522461.40 | 2309325.85 |
| 35 | 522220.38 | 2309110.98 | 96 | 521530.12 | 2308926.77 | 157 | 521318.34 | 2309558.81 | 218 | 522463.39 | 2309321.68 |
| 36 | 522202.97 | 2309111.31 | 97 | 521517.46 | 2308940.82 | 158 | 521358.52 | 2309583.07 | 219 | 522466.38 | 2309312.12 |
| 37 | 522189.70 | 2309112.44 | 98 | 521503.25 | 2308951.91 | 159 | 521393.45 | 2309569.03 | 220 | 522472.04 | 2309301.75 |
| 38 | 522168.94 | 2309112.98 | 99 | 521493.08 | 2308969.25 | 160 | 521414.89 | 2309575.54 | 221 | 522486.63 | 2309285.67 |
| 39 | 522156.76 | 2309112.63 | 100 | 521477.82 | 2308989.26 | 161 | 521436.81 | 2309581.30 | 222 | 522493.58 | 2309276.62 |
| 40 | 522134.42 | 2309112.58 | 101 | 521472.13 | 2309002.64 | 162 | 521466.52 | 2309596.49 | 223 | 522502.24 | 2309265.53 |
| 41 | 522114.57 | 2309113.19 | 102 | 521455.09 | 2309013.10 | 163 | 521486.11 | 2309607.23 | 224 | 522503.69 | 2309261.49 |
| 42 | 522093.36 | 2309113.39 | 103 | 521442.19 | 2309009.21 | 164 | 521500.74 | 2309631.53 | 225 | 522503.44 | 2309252.88 |
| 43 | 522072.39 | 2309113.60 | 104 | 521430.68 | 2309015.47 | 165 | 521509.72 | 2309626.19 | 226 | 522499.26 | 2309248.89 |
| 44 | 522055.89 | 2309113.99 | 105 | 521409.63 | 2309034.85 | 166 | 521515.40 | 2309613.43 | 227 | 522486.20 | 2309270.82 |
| 45 | 522028.58 | 2309113.83 | 106 | 521386.43 | 2309040.95 | 167 | 521522.65 | 2309595.94 | 228 | 522475.41 | 2309283.56 |
| 46 | 522029.61 | 2309095.71 | 107 | 521377.05 | 2309043.65 | 168 | 521547.34 | 2309582.23 | 229 | 522462.92 | 2309294.41 |
| 47 | 522030.66 | 2309074.74 | 108 | 521371.94 | 2309047.72 | 169 | 521565.72 | 2309562.46 | 230 | 522453.04 | 2309299.66 |
| 48 | 522033.11 | 2309055.18 | 109 | 521366.62 | 2309052.56 | 170 | 521582.87 | 2309537.73 | 231 | 522440.02 | 2309300.81 |
| 49 | 522035.58 | 2309039.49 | 110 | 521341.86 | 2309068.54 | 171 | 521592.62 | 2309533.97 | 232 | 522432.40 | 2309299.48 |
| 50 | 522037.25 | 2309025.41 | 111 | 521318.28 | 2309085.41 | 172 | 521607.29 | 2309532.84 | 233 | 522417.76 | 2309297.49 |
| 51 | 522038.80 | 2309006.46 | 112 | 521293.14 | 2309092.66 | 173 | 521653.39 | 2309509.51 | 234 | 522412.33 | 2309297.58 |
| 52 | 522040.01 | 2308983.96 | 113 | 521281.81 | 2309090.53 | 174 | 521663.06 | 2309497.31 | 235 | 522405.74 | 2309294.22 |
| 53 | 522039.02 | 2308967.46 | 114 | 521266.11 | 2309090.87 | 175 | 521692.91 | 2309473.37 | 236 | 522401.85 | 2309291.27 |
| 54 | 522038.19 | 2308958.42 | 115 | 521258.22 | 2309105.65 | 176 | 521716.26 | 2309470.42 | 237 | 522399.32 | 2309288.19 |
| 55 | 522040.30 | 2308942.10 | 116 | 521244.84 | 2309110.61 | 177 | 521756.25 | 2309457.30 | 238 | 522396.33 | 2309282.92 |
| 56 | 522043.52 | 2308927.36 | 117 | 521232.81 | 2309122.60 | 178 | 521772.47 | 2309454.89 | 239 | 522394.19 | 2309273.94 |
| 57 | 522037.56 | 2308924.31 | 118 | 521217.84 | 2309120.80 | 179 | 521775.46 | 2309452.27 | 240 | 522388.14 | 2309255.16 |
| 58 | 522027.42 | 2308909.49 | 119 | 521208.44 | 2309120.63 | 180 | 521795.44 | 2309444.95 | 241 | 522389.01 | 2309240.58 |
| 59 | 522010.63 | 2308913.38 | 120 | 521190.86 | 2309142.35 | 181 | 521821.95 | 2309451.06 | ----- | ----- | ----- |
| 60 | 521991.50 | 2308915.92 | 121 | 521180.41 | 2309153.58 | 182 | 521838.03 | 2309455.87 | ----- | ----- | ----- |
| 61 | 521977.90 | 2308942.90 | 122 | 521167.18 | 2309160.66 | 183 | 521869.51 | 2309459.04 | ----- | ----- | ----- |

*Tabla II. 11. Coordenadas de los polígonos de agrupación de la Unidad Minera Nonoalco*

| Ubicación de las Unidades Mineras de acuerdo con los polígonos de agrupación Coordenadas UTM (WGS-84, Zona 14N) | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Unidad Nonoalco Polígono de Agrupación 6 | | | | | | | | | | | |
| ID | X | Y | ID | X | Y | ID | X | Y | ID | X | Y |
| 1 | 530500.00 | 2290404.00 | 366 | 531181.00 | 2290610.00 | 731 | 531522.00 | 2289857.00 | 1096 | 531076.00 | 2290323.00 |
| 2 | 530507.00 | 2290402.00 | 367 | 531186.00 | 2290610.00 | 732 | 531523.00 | 2289853.00 | 1097 | 531066.00 | 2290324.00 |
| 3 | 530518.00 | 2290393.00 | 368 | 531191.00 | 2290611.00 | 733 | 531523.00 | 2289849.00 | 1098 | 531063.00 | 2290326.00 |
| 4 | 530530.00 | 2290384.00 | 369 | 531196.00 | 2290611.00 | 734 | 531523.00 | 2289845.00 | 1099 | 531057.00 | 2290328.00 |
| 5 | 530534.00 | 2290382.00 | 370 | 531200.00 | 2290612.00 | 735 | 531526.00 | 2289843.00 | 1100 | 531055.00 | 2290328.00 |
| 6 | 530538.00 | 2290380.00 | 371 | 531205.00 | 2290612.00 | 736 | 531530.00 | 2289842.00 | 1101 | 531053.00 | 2290328.00 |
| 7 | 530540.00 | 2290382.00 | 372 | 531209.00 | 2290613.00 | 737 | 531532.00 | 2289841.00 | 1102 | 531052.00 | 2290327.00 |
| 8 | 530541.00 | 2290385.00 | 373 | 531213.00 | 2290614.00 | 738 | 531535.00 | 2289840.00 | 1103 | 531049.00 | 2290326.00 |
| 9 | 530543.00 | 2290387.00 | 374 | 531217.00 | 2290614.00 | 739 | 531537.00 | 2289838.00 | 1104 | 531048.00 | 2290326.00 |
| 10 | 530545.00 | 2290389.00 | 375 | 531222.00 | 2290614.00 | 740 | 531540.00 | 2289836.00 | 1105 | 531046.00 | 2290324.00 |
| 11 | 530547.00 | 2290392.00 | 376 | 531225.00 | 2290612.00 | 741 | 531543.00 | 2289835.00 | 1106 | 531045.00 | 2290323.00 |
| 12 | 530549.00 | 2290396.00 | 377 | 531228.00 | 2290610.00 | 742 | 531546.00 | 2289833.00 | 1107 | 531044.00 | 2290321.00 |
| 13 | 530551.00 | 2290398.00 | 378 | 531232.00 | 2290607.00 | 743 | 531551.00 | 2289831.00 | 1108 | 531040.00 | 2290316.00 |
| 14 | 530552.00 | 2290400.00 | 379 | 531235.00 | 2290604.00 | 744 | 531556.00 | 2289829.00 | 1109 | 531039.00 | 2290315.00 |
| 15 | 530554.00 | 2290401.00 | 380 | 531240.00 | 2290601.00 | 745 | 531560.00 | 2289826.00 | 1110 | 531036.00 | 2290311.00 |
| 16 | 530555.00 | 2290402.00 | 381 | 531245.00 | 2290598.00 | 746 | 531563.00 | 2289823.00 | 1111 | 531029.00 | 2290307.00 |
| 17 | 530557.00 | 2290404.00 | 382 | 531249.00 | 2290596.00 | 747 | 531565.00 | 2289821.00 | 1112 | 531023.00 | 2290307.00 |
| 18 | 530559.00 | 2290406.00 | 383 | 531253.00 | 2290595.00 | 748 | 531572.00 | 2289817.00 | 1113 | 531015.00 | 2290312.00 |
| 19 | 530560.00 | 2290408.00 | 384 | 531255.00 | 2290597.00 | 749 | 531577.00 | 2289815.00 | 1114 | 531013.00 | 2290313.00 |
| 20 | 530562.00 | 2290410.00 | 385 | 531257.00 | 2290599.00 | 750 | 531582.00 | 2289812.00 | 1115 | 531011.00 | 2290315.00 |
| 21 | 530563.00 | 2290412.00 | 386 | 531259.00 | 2290602.00 | 751 | 531586.00 | 2289810.00 | 1116 | 531010.00 | 2290317.00 |
| 22 | 530565.00 | 2290413.00 | 387 | 531261.00 | 2290605.00 | 752 | 531589.00 | 2289807.00 | 1117 | 531008.00 | 2290318.00 |
| 23 | 530568.00 | 2290416.00 | 388 | 531265.00 | 2290610.00 | 753 | 531591.00 | 2289805.00 | 1118 | 531007.00 | 2290320.00 |
| 24 | 530571.00 | 2290419.00 | 389 | 531267.00 | 2290612.00 | 754 | 531594.00 | 2289804.00 | 1119 | 531005.00 | 2290321.00 |

| Ubicación de las Unidades Mineras de acuerdo con los polígonos de agrupación Coordenadas UTM (WGS-84, Zona 14N) | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 25 | 530572.00 | 2290421.00 | 390 | 531269.00 | 2290614.00 | 755 | 531596.00 | 2289803.00 | 1120 | 530999.00 | 2290318.00 |
| 26 | 530582.00 | 2290431.00 | 391 | 531270.00 | 2290617.00 | 756 | 531598.00 | 2289801.00 | 1121 | 530997.00 | 2290320.00 |
| 27 | 530589.00 | 2290438.00 | 392 | 531274.00 | 2290616.00 | 757 | 531600.00 | 2289799.00 | 1122 | 530994.00 | 2290321.00 |
| 28 | 530591.00 | 2290436.00 | 393 | 531277.00 | 2290615.00 | 758 | 531603.00 | 2289796.00 | 1123 | 530991.00 | 2290322.00 |
| 29 | 530598.00 | 2290431.00 | 394 | 531279.00 | 2290612.00 | 759 | 531606.00 | 2289793.00 | 1124 | 530987.00 | 2290323.00 |
| 30 | 530605.00 | 2290427.00 | 395 | 531282.00 | 2290609.00 | 760 | 531609.00 | 2289790.00 | 1125 | 530984.00 | 2290324.00 |
| 31 | 530609.00 | 2290424.00 | 396 | 531284.00 | 2290609.00 | 761 | 531611.00 | 2289787.00 | 1126 | 530980.00 | 2290325.00 |
| 32 | 530613.00 | 2290421.00 | 397 | 531287.00 | 2290609.00 | 762 | 531615.00 | 2289783.00 | 1127 | 530979.00 | 2290323.00 |
| 33 | 530619.00 | 2290429.00 | 398 | 531289.00 | 2290610.00 | 763 | 531619.00 | 2289779.00 | 1128 | 530978.00 | 2290322.00 |
| 34 | 530625.00 | 2290437.00 | 399 | 531290.00 | 2290611.00 | 764 | 531626.00 | 2289772.00 | 1129 | 530975.00 | 2290321.00 |
| 35 | 530627.00 | 2290440.00 | 400 | 531292.00 | 2290609.00 | 765 | 531630.00 | 2289767.00 | 1130 | 530973.00 | 2290320.00 |
| 36 | 530629.00 | 2290444.00 | 401 | 531295.00 | 2290607.00 | 766 | 531635.00 | 2289762.00 | 1131 | 530972.00 | 2290320.00 |
| 37 | 530631.00 | 2290447.00 | 402 | 531301.00 | 2290604.00 | 767 | 531637.00 | 2289760.00 | 1132 | 530970.00 | 2290319.00 |
| 38 | 530634.00 | 2290451.00 | 403 | 531307.00 | 2290601.00 | 768 | 531640.00 | 2289757.00 | 1133 | 530967.00 | 2290320.00 |
| 39 | 530636.00 | 2290456.00 | 404 | 531314.00 | 2290595.00 | 769 | 531642.00 | 2289755.00 | 1134 | 530964.00 | 2290321.00 |
| 40 | 530640.00 | 2290462.00 | 405 | 531321.00 | 2290589.00 | 770 | 531645.00 | 2289752.00 | 1135 | 530961.00 | 2290321.00 |
| 41 | 530644.00 | 2290469.00 | 406 | 531328.00 | 2290585.00 | 771 | 531649.00 | 2289747.00 | 1136 | 530958.00 | 2290320.00 |
| 42 | 530645.00 | 2290475.00 | 407 | 531336.00 | 2290580.00 | 772 | 531653.00 | 2289742.00 | 1137 | 530955.00 | 2290320.00 |
| 43 | 530645.00 | 2290480.00 | 408 | 531341.00 | 2290576.00 | 773 | 531657.00 | 2289735.00 | 1138 | 530951.00 | 2290321.00 |
| 44 | 530644.00 | 2290482.00 | 409 | 531347.00 | 2290572.00 | 774 | 531659.00 | 2289732.00 | 1139 | 530943.00 | 2290325.00 |
| 45 | 530644.00 | 2290487.00 | 410 | 531349.00 | 2290571.00 | 775 | 531661.00 | 2289729.00 | 1140 | 530936.00 | 2290330.00 |
| 46 | 530643.00 | 2290490.00 | 411 | 531352.00 | 2290569.00 | 776 | 531662.00 | 2289726.00 | 1141 | 530936.00 | 2290309.00 |
| 47 | 530642.00 | 2290492.00 | 412 | 531357.00 | 2290565.00 | 777 | 531663.00 | 2289724.00 | 1142 | 530935.00 | 2290288.00 |
| 48 | 530648.00 | 2290508.00 | 413 | 531362.00 | 2290560.00 | 778 | 531664.00 | 2289723.00 | 1143 | 530935.00 | 2290286.00 |
| 49 | 530652.00 | 2290520.00 | 414 | 531365.00 | 2290557.00 | 779 | 531665.00 | 2289722.00 | 1144 | 530936.00 | 2290284.00 |
| 50 | 530656.00 | 2290524.00 | 415 | 531369.00 | 2290553.00 | 780 | 531667.00 | 2289719.00 | 1145 | 530935.00 | 2290282.00 |
| 51 | 530658.00 | 2290527.00 | 416 | 531370.00 | 2290549.00 | 781 | 531670.00 | 2289716.00 | 1146 | 530935.00 | 2290281.00 |
| 52 | 530662.00 | 2290531.00 | 417 | 531371.00 | 2290544.00 | 782 | 531672.00 | 2289713.00 | 1147 | 530936.00 | 2290279.00 |
| 53 | 530665.00 | 2290535.00 | 418 | 531375.00 | 2290542.00 | 783 | 531673.00 | 2289710.00 | 1148 | 530936.00 | 2290277.00 |
| 54 | 530668.00 | 2290538.00 | 419 | 531379.00 | 2290541.00 | 784 | 531676.00 | 2289707.00 | 1149 | 530937.00 | 2290275.00 |
| 55 | 530671.00 | 2290540.00 | 420 | 531394.00 | 2290540.00 | 785 | 531678.00 | 2289704.00 | 1150 | 530937.00 | 2290273.00 |
| 56 | 530673.00 | 2290548.00 | 421 | 531406.00 | 2290539.00 | 786 | 531682.00 | 2289695.00 | 1151 | 530937.00 | 2290271.00 |
| 57 | 530675.00 | 2290549.00 | 422 | 531414.00 | 2290538.00 | 787 | 531685.00 | 2289685.00 | 1152 | 530938.00 | 2290268.00 |
| 58 | 530679.00 | 2290552.00 | 423 | 531421.00 | 2290537.00 | 788 | 531690.00 | 2289675.00 | 1153 | 530938.00 | 2290267.00 |
| 59 | 530684.00 | 2290552.00 | 424 | 531426.00 | 2290538.00 | 789 | 531695.00 | 2289665.00 | 1154 | 530936.00 | 2290267.00 |
| 60 | 530689.00 | 2290552.00 | 425 | 531432.00 | 2290540.00 | 790 | 531702.00 | 2289668.00 | 1155 | 530934.00 | 2290267.00 |
| 61 | 530692.00 | 2290553.00 | 426 | 531437.00 | 2290544.00 | 791 | 531708.00 | 2289670.00 | 1156 | 530931.00 | 2290267.00 |
| 62 | 530695.00 | 2290553.00 | 427 | 531441.00 | 2290543.00 | 792 | 531713.00 | 2289660.00 | 1157 | 530928.00 | 2290267.00 |
| 63 | 530697.00 | 2290553.00 | 428 | 531446.00 | 2290542.00 | 793 | 531717.00 | 2289651.00 | 1158 | 530926.00 | 2290267.00 |
| 64 | 530699.00 | 2290553.00 | 429 | 531453.00 | 2290540.00 | 794 | 531721.00 | 2289642.00 | 1159 | 530924.00 | 2290268.00 |
| 65 | 530704.00 | 2290553.00 | 430 | 531460.00 | 2290538.00 | 795 | 531725.00 | 2289632.00 | 1160 | 530922.00 | 2290268.00 |
| 66 | 530709.00 | 2290553.00 | 431 | 531463.00 | 2290540.00 | 796 | 531728.00 | 2289623.00 | 1161 | 530920.00 | 2290267.00 |
| 67 | 530713.00 | 2290553.00 | 432 | 531467.00 | 2290541.00 | 797 | 531732.00 | 2289613.00 | 1162 | 530915.00 | 2290268.00 |
| 68 | 530717.00 | 2290553.00 | 433 | 531474.00 | 2290539.00 | 798 | 531735.00 | 2289603.00 | 1163 | 530911.00 | 2290268.00 |
| 69 | 530719.00 | 2290554.00 | 434 | 531481.00 | 2290536.00 | 799 | 531739.00 | 2289593.00 | 1164 | 530910.00 | 2290268.00 |
| 70 | 530722.00 | 2290555.00 | 435 | 531495.00 | 2290531.00 | 800 | 531746.00 | 2289575.00 | 1165 | 530908.00 | 2290268.00 |
| 71 | 530724.00 | 2290556.00 | 436 | 531505.00 | 2290527.00 | 801 | 531756.00 | 2289546.00 | 1166 | 530907.00 | 2290268.00 |
| 72 | 530725.00 | 2290558.00 | 437 | 531518.00 | 2290520.00 | 802 | 531758.00 | 2289533.00 | 1167 | 530906.00 | 2290268.00 |
| 73 | 530727.00 | 2290563.00 | 438 | 531531.00 | 2290513.00 | 803 | 531758.00 | 2289520.00 | 1168 | 530904.00 | 2290267.00 |
| 74 | 530730.00 | 2290568.00 | 439 | 531539.00 | 2290509.00 | 804 | 531758.00 | 2289510.00 | 1169 | 530902.00 | 2290267.00 |
| 75 | 530735.00 | 2290577.00 | 440 | 531547.00 | 2290505.00 | 805 | 531757.00 | 2289494.00 | 1170 | 530899.00 | 2290267.00 |
| 76 | 530741.00 | 2290585.00 | 441 | 531554.00 | 2290501.00 | 806 | 531755.00 | 2289470.00 | 1171 | 530896.00 | 2290267.00 |
| 77 | 530748.00 | 2290596.00 | 442 | 531561.00 | 2290497.00 | 807 | 531756.00 | 2289452.00 | 1172 | 530897.00 | 2290264.00 |
| 78 | 530751.00 | 2290601.00 | 443 | 531563.00 | 2290490.00 | 808 | 531756.00 | 2289434.00 | 1173 | 530897.00 | 2290261.00 |
| 79 | 530755.00 | 2290606.00 | 444 | 531564.00 | 2290484.00 | 809 | 531756.00 | 2289416.00 | 1174 | 530897.00 | 2290258.00 |
| 80 | 530757.00 | 2290609.00 | 445 | 531567.00 | 2290472.00 | 810 | 531755.00 | 2289398.00 | 1175 | 530897.00 | 2290255.00 |
| 81 | 530759.00 | 2290612.00 | 446 | 531567.00 | 2290463.00 | 811 | 531752.00 | 2289386.00 | 1176 | 530898.00 | 2290248.00 |
| 82 | 530766.00 | 2290619.00 | 447 | 531567.00 | 2290454.00 | 812 | 531749.00 | 2289375.00 | 1177 | 530898.00 | 2290245.00 |
| 83 | 530773.00 | 2290627.00 | 448 | 531567.00 | 2290440.00 | 813 | 531748.00 | 2289363.00 | 1178 | 530898.00 | 2290242.00 |
| 84 | 530770.00 | 2290632.00 | 449 | 531567.00 | 2290439.00 | 814 | 531746.00 | 2289352.00 | 1179 | 530895.00 | 2290242.00 |
| 85 | 530767.00 | 2290637.00 | 450 | 531571.00 | 2290426.00 | 815 | 531746.00 | 2289349.00 | 1180 | 530896.00 | 2290237.00 |
| 86 | 530765.00 | 2290643.00 | 451 | 531576.00 | 2290420.00 | 816 | 531745.00 | 2289347.00 | 1181 | 530896.00 | 2290233.00 |
| 87 | 530764.00 | 2290648.00 | 452 | 531579.00 | 2290417.00 | 817 | 531744.00 | 2289344.00 | 1182 | 530897.00 | 2290229.00 |

| Ubicación de las Unidades Mineras de acuerdo con los polígonos de agrupación Coordenadas UTM (WGS-84, Zona 14N) | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 88 | 530761.00 | 2290657.00 | 453 | 531582.00 | 2290415.00 | 818 | 531743.00 | 2289342.00 | 1183 | 530897.00 | 2290226.00 |
| 89 | 530759.00 | 2290666.00 | 454 | 531583.00 | 2290414.00 | 819 | 531742.00 | 2289339.00 | 1184 | 530898.00 | 2290223.00 |
| 90 | 530758.00 | 2290678.00 | 455 | 531587.00 | 2290412.00 | 820 | 531742.00 | 2289336.00 | 1185 | 530898.00 | 2290221.00 |
| 91 | 530757.00 | 2290689.00 | 456 | 531593.00 | 2290409.00 | 821 | 531741.00 | 2289332.00 | 1186 | 530898.00 | 2290215.00 |
| 92 | 530756.00 | 2290694.00 | 457 | 531597.00 | 2290407.00 | 822 | 531741.00 | 2289329.00 | 1187 | 530899.00 | 2290209.00 |
| 93 | 530755.00 | 2290698.00 | 458 | 531602.00 | 2290405.00 | 823 | 531754.00 | 2289324.00 | 1188 | 530899.00 | 2290203.00 |
| 94 | 530756.00 | 2290699.00 | 459 | 531604.00 | 2290407.00 | 824 | 531767.00 | 2289320.00 | 1189 | 530899.00 | 2290197.00 |
| 95 | 530757.00 | 2290700.00 | 460 | 531606.00 | 2290409.00 | 825 | 531765.00 | 2289318.00 | 1190 | 530900.00 | 2290194.00 |
| 96 | 530762.00 | 2290706.00 | 461 | 531608.00 | 2290413.00 | 826 | 531762.00 | 2289317.00 | 1191 | 530901.00 | 2290190.00 |
| 97 | 530769.00 | 2290715.00 | 462 | 531611.00 | 2290418.00 | 827 | 531757.00 | 2289313.00 | 1192 | 530902.00 | 2290186.00 |
| 98 | 530777.00 | 2290723.00 | 463 | 531615.00 | 2290424.00 | 828 | 531751.00 | 2289309.00 | 1193 | 530902.00 | 2290181.00 |
| 99 | 530786.00 | 2290732.00 | 464 | 531619.00 | 2290430.00 | 829 | 531750.00 | 2289307.00 | 1194 | 530903.00 | 2290177.00 |
| 100 | 530787.00 | 2290732.00 | 465 | 531622.00 | 2290433.00 | 830 | 531749.00 | 2289305.00 | 1195 | 530903.00 | 2290173.00 |
| 101 | 530783.00 | 2290734.00 | 466 | 531625.00 | 2290437.00 | 831 | 531741.00 | 2289299.00 | 1196 | 530902.00 | 2290172.00 |
| 102 | 530780.00 | 2290735.00 | 467 | 531626.00 | 2290439.00 | 832 | 531733.00 | 2289292.00 | 1197 | 530900.00 | 2290172.00 |
| 103 | 530776.00 | 2290736.00 | 468 | 531628.00 | 2290442.00 | 833 | 531724.00 | 2289290.00 | 1198 | 530897.00 | 2290172.00 |
| 104 | 530772.00 | 2290736.00 | 469 | 531629.00 | 2290448.00 | 834 | 531715.00 | 2289289.00 | 1199 | 530893.00 | 2290172.00 |
| 105 | 530768.00 | 2290736.00 | 470 | 531631.00 | 2290455.00 | 835 | 531713.00 | 2289288.00 | 1200 | 530889.00 | 2290172.00 |
| 106 | 530761.00 | 2290737.00 | 471 | 531633.00 | 2290459.00 | 836 | 531712.00 | 2289286.00 | 1201 | 530888.00 | 2290170.00 |
| 107 | 530756.00 | 2290738.00 | 472 | 531635.00 | 2290463.00 | 837 | 531707.00 | 2289286.00 | 1202 | 530887.00 | 2290169.00 |
| 108 | 530751.00 | 2290738.00 | 473 | 531640.00 | 2290469.00 | 838 | 531703.00 | 2289286.00 | 1203 | 530872.00 | 2290173.00 |
| 109 | 530748.00 | 2290742.00 | 474 | 531646.00 | 2290475.00 | 839 | 531694.00 | 2289283.00 | 1204 | 530865.00 | 2290176.00 |
| 110 | 530746.00 | 2290746.00 | 475 | 531650.00 | 2290479.00 | 840 | 531686.00 | 2289280.00 | 1205 | 530862.00 | 2290165.00 |
| 111 | 530746.00 | 2290747.00 | 476 | 531655.00 | 2290481.00 | 841 | 531683.00 | 2289281.00 | 1206 | 530868.00 | 2290163.00 |
| 112 | 530746.00 | 2290748.00 | 477 | 531661.00 | 2290484.00 | 842 | 531680.00 | 2289281.00 | 1207 | 530860.00 | 2290130.00 |
| 113 | 530744.00 | 2290750.00 | 478 | 531667.00 | 2290486.00 | 843 | 531673.00 | 2289284.00 | 1208 | 530849.00 | 2290110.00 |
| 114 | 530743.00 | 2290753.00 | 479 | 531672.00 | 2290486.00 | 844 | 531666.00 | 2289286.00 | 1209 | 530841.00 | 2290110.00 |
| 115 | 530736.00 | 2290755.00 | 480 | 531682.00 | 2290486.00 | 845 | 531665.00 | 2289289.00 | 1210 | 530836.00 | 2290108.00 |
| 116 | 530729.00 | 2290758.00 | 481 | 531687.00 | 2290486.00 | 846 | 531664.00 | 2289291.00 | 1211 | 530828.00 | 2290108.00 |
| 117 | 530727.00 | 2290767.00 | 482 | 531692.00 | 2290485.00 | 847 | 531662.00 | 2289299.00 | 1212 | 530824.00 | 2290107.00 |
| 118 | 530726.00 | 2290776.00 | 483 | 531698.00 | 2290484.00 | 848 | 531660.00 | 2289306.00 | 1213 | 530815.00 | 2290108.00 |
| 119 | 530724.00 | 2290784.00 | 484 | 531702.00 | 2290483.00 | 849 | 531658.00 | 2289313.00 | 1214 | 530811.00 | 2290112.00 |
| 120 | 530723.00 | 2290792.00 | 485 | 531705.00 | 2290482.00 | 850 | 531656.00 | 2289320.00 | 1215 | 530805.00 | 2290120.00 |
| 121 | 530721.00 | 2290802.00 | 486 | 531706.00 | 2290482.00 | 851 | 531636.00 | 2289335.00 | 1216 | 530801.00 | 2290124.00 |
| 122 | 530717.00 | 2290821.00 | 487 | 531706.00 | 2290486.00 | 852 | 531618.00 | 2289349.00 | 1217 | 530799.00 | 2290127.00 |
| 123 | 530716.00 | 2290827.00 | 488 | 531711.00 | 2290485.00 | 853 | 531607.00 | 2289346.00 | 1218 | 530794.00 | 2290140.00 |
| 124 | 530715.00 | 2290832.00 | 489 | 531716.00 | 2290484.00 | 854 | 531596.00 | 2289344.00 | 1219 | 530785.00 | 2290156.00 |
| 125 | 530711.00 | 2290833.00 | 490 | 531726.00 | 2290482.00 | 855 | 531582.00 | 2289340.00 | 1220 | 530768.00 | 2290171.00 |
| 126 | 530706.00 | 2290833.00 | 491 | 531736.00 | 2290480.00 | 856 | 531570.00 | 2289335.00 | 1221 | 530769.00 | 2290172.00 |
| 127 | 530701.00 | 2290832.00 | 492 | 531751.00 | 2290478.00 | 857 | 531558.00 | 2289331.00 | 1222 | 530753.00 | 2290191.00 |
| 128 | 530691.00 | 2290833.00 | 493 | 531766.00 | 2290475.00 | 858 | 531557.00 | 2289338.00 | 1223 | 530769.00 | 2290184.00 |
| 129 | 530685.00 | 2290833.00 | 494 | 531814.00 | 2290455.00 | 859 | 531557.00 | 2289344.00 | 1224 | 530775.00 | 2290184.00 |
| 130 | 530678.00 | 2290832.00 | 495 | 531830.00 | 2290448.00 | 860 | 531556.00 | 2289353.00 | 1225 | 530807.00 | 2290170.00 |
| 131 | 530665.00 | 2290832.00 | 496 | 531840.00 | 2290451.00 | 861 | 531555.00 | 2289363.00 | 1226 | 530816.00 | 2290169.00 |
| 132 | 530665.00 | 2290837.00 | 497 | 531848.00 | 2290453.00 | 862 | 531554.00 | 2289367.00 | 1227 | 530828.00 | 2290170.00 |
| 133 | 530664.00 | 2290843.00 | 498 | 531863.00 | 2290457.00 | 863 | 531553.00 | 2289371.00 | 1228 | 530836.00 | 2290172.00 |
| 134 | 530661.00 | 2290853.00 | 499 | 531870.00 | 2290459.00 | 864 | 531550.00 | 2289382.00 | 1229 | 530861.00 | 2290165.00 |
| 135 | 530656.00 | 2290863.00 | 500 | 531881.00 | 2290460.00 | 865 | 531549.00 | 2289390.00 | 1230 | 530864.00 | 2290176.00 |
| 136 | 530646.00 | 2290878.00 | 501 | 531886.00 | 2290446.00 | 866 | 531547.00 | 2289398.00 | 1231 | 530859.00 | 2290181.00 |
| 137 | 530639.00 | 2290890.00 | 502 | 531881.00 | 2290440.00 | 867 | 531542.00 | 2289411.00 | 1232 | 530854.00 | 2290186.00 |
| 138 | 530629.00 | 2290905.00 | 503 | 531883.00 | 2290424.00 | 868 | 531538.00 | 2289424.00 | 1233 | 530852.00 | 2290188.00 |
| 139 | 530619.00 | 2290919.00 | 504 | 531885.00 | 2290409.00 | 869 | 531536.00 | 2289428.00 | 1234 | 530850.00 | 2290190.00 |
| 140 | 530613.00 | 2290929.00 | 505 | 531871.00 | 2290377.00 | 870 | 531536.00 | 2289433.00 | 1235 | 530849.00 | 2290193.00 |
| 141 | 530606.00 | 2290939.00 | 506 | 531871.00 | 2290376.00 | 871 | 531535.00 | 2289439.00 | 1236 | 530849.00 | 2290197.00 |
| 142 | 530600.00 | 2290948.00 | 507 | 531875.00 | 2290375.00 | 872 | 531536.00 | 2289445.00 | 1237 | 530848.00 | 2290199.00 |
| 143 | 530594.00 | 2290956.00 | 508 | 531869.00 | 2290366.00 | 873 | 531536.00 | 2289451.00 | 1238 | 530848.00 | 2290202.00 |
| 144 | 530588.00 | 2290967.00 | 509 | 531857.00 | 2290366.00 | 874 | 531534.00 | 2289458.00 | 1239 | 530849.00 | 2290205.00 |
| 145 | 530584.00 | 2290976.00 | 510 | 531845.00 | 2290366.00 | 875 | 531532.00 | 2289465.00 | 1240 | 530850.00 | 2290208.00 |
| 146 | 530582.00 | 2290981.00 | 511 | 531842.00 | 2290367.00 | 876 | 531528.00 | 2289472.00 | 1241 | 530852.00 | 2290211.00 |
| 147 | 530565.00 | 2291006.00 | 512 | 531839.00 | 2290367.00 | 877 | 531525.00 | 2289480.00 | 1242 | 530853.00 | 2290213.00 |
| 148 | 530564.00 | 2291036.00 | 513 | 531835.00 | 2290367.00 | 878 | 531522.00 | 2289487.00 | 1243 | 530857.00 | 2290215.00 |
| 149 | 530532.00 | 2291069.00 | 514 | 531831.00 | 2290368.00 | 879 | 531519.00 | 2289494.00 | 1244 | 530861.00 | 2290217.00 |
| 150 | 530540.00 | 2291091.00 | 515 | 531827.00 | 2290371.00 | 880 | 531516.00 | 2289503.00 | 1245 | 530866.00 | 2290219.00 |

| Ubicación de las Unidades Mineras de acuerdo con los polígonos de agrupación Coordenadas UTM (WGS-84, Zona 14N) | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 151 | 530551.00 | 2291123.00 | 516 | 531821.00 | 2290373.00 | 881 | 531515.00 | 2289507.00 | 1246 | 530872.00 | 2290222.00 |
| 152 | 530547.00 | 2291138.00 | 517 | 531815.00 | 2290373.00 | 882 | 531514.00 | 2289510.00 | 1247 | 530873.00 | 2290223.00 |
| 153 | 530539.00 | 2291155.00 | 518 | 531809.00 | 2290368.00 | 883 | 531513.00 | 2289516.00 | 1248 | 530875.00 | 2290225.00 |
| 154 | 530530.00 | 2291166.00 | 519 | 531804.00 | 2290364.00 | 884 | 531510.00 | 2289529.00 | 1249 | 530877.00 | 2290231.00 |
| 155 | 530526.00 | 2291173.00 | 520 | 531798.00 | 2290362.00 | 885 | 531509.00 | 2289535.00 | 1250 | 530878.00 | 2290237.00 |
| 156 | 530520.00 | 2291178.00 | 521 | 531793.00 | 2290359.00 | 886 | 531508.00 | 2289540.00 | 1251 | 530879.00 | 2290243.00 |
| 157 | 530509.00 | 2291175.00 | 522 | 531788.00 | 2290356.00 | 887 | 531506.00 | 2289550.00 | 1252 | 530880.00 | 2290250.00 |
| 158 | 530492.00 | 2291181.00 | 523 | 531768.00 | 2290359.00 | 888 | 531504.00 | 2289561.00 | 1253 | 530880.00 | 2290253.00 |
| 159 | 530495.00 | 2291193.00 | 524 | 531755.00 | 2290356.00 | 889 | 531503.00 | 2289566.00 | 1254 | 530880.00 | 2290256.00 |
| 160 | 530484.00 | 2291218.00 | 525 | 531743.00 | 2290356.00 | 890 | 531499.00 | 2289583.00 | 1255 | 530879.00 | 2290259.00 |
| 161 | 530475.00 | 2291223.00 | 526 | 531726.00 | 2290356.00 | 891 | 531497.00 | 2289588.00 | 1256 | 530878.00 | 2290263.00 |
| 162 | 530465.00 | 2291226.00 | 527 | 531719.00 | 2290356.00 | 892 | 531494.00 | 2289594.00 | 1257 | 530873.00 | 2290264.00 |
| 163 | 530454.00 | 2291233.00 | 528 | 531712.00 | 2290357.00 | 893 | 531490.00 | 2289598.00 | 1258 | 530868.00 | 2290265.00 |
| 164 | 530429.00 | 2291254.00 | 529 | 531710.00 | 2290355.00 | 894 | 531486.00 | 2289602.00 | 1259 | 530865.00 | 2290267.00 |
| 165 | 530420.00 | 2291255.00 | 530 | 531704.00 | 2290355.00 | 895 | 531479.00 | 2289608.00 | 1260 | 530862.00 | 2290269.00 |
| 166 | 530411.00 | 2291253.00 | 531 | 531698.00 | 2290356.00 | 896 | 531472.00 | 2289614.00 | 1261 | 530853.00 | 2290276.00 |
| 167 | 530379.00 | 2291268.00 | 532 | 531694.00 | 2290356.00 | 897 | 531469.00 | 2289615.00 | 1262 | 530850.00 | 2290290.00 |
| 168 | 530370.00 | 2291276.00 | 533 | 531690.00 | 2290356.00 | 898 | 531465.00 | 2289617.00 | 1263 | 530846.00 | 2290312.00 |
| 169 | 530357.00 | 2291283.00 | 534 | 531685.00 | 2290357.00 | 899 | 531461.00 | 2289618.00 | 1264 | 530842.00 | 2290337.00 |
| 170 | 530348.00 | 2291294.00 | 535 | 531680.00 | 2290359.00 | 900 | 531457.00 | 2289618.00 | 1265 | 530841.00 | 2290337.00 |
| 171 | 530320.00 | 2291290.00 | 536 | 531677.00 | 2290361.00 | 901 | 531453.00 | 2289618.00 | 1266 | 530836.00 | 2290339.00 |
| 172 | 530301.00 | 2291302.00 | 537 | 531675.00 | 2290361.00 | 902 | 531449.00 | 2289618.00 | 1267 | 530833.00 | 2290338.00 |
| 173 | 530293.00 | 2291299.00 | 538 | 531669.00 | 2290363.00 | 903 | 531443.00 | 2289619.00 | 1268 | 530829.00 | 2290338.00 |
| 174 | 530283.00 | 2291336.00 | 539 | 531662.00 | 2290364.00 | 904 | 531436.00 | 2289620.00 | 1269 | 530824.00 | 2290337.00 |
| 175 | 530316.00 | 2291346.00 | 540 | 531656.00 | 2290366.00 | 905 | 531429.00 | 2289620.00 | 1270 | 530820.00 | 2290337.00 |
| 176 | 530330.00 | 2291356.00 | 541 | 531652.00 | 2290368.00 | 906 | 531425.00 | 2289621.00 | 1271 | 530816.00 | 2290336.00 |
| 177 | 530341.00 | 2291366.00 | 542 | 531650.00 | 2290374.00 | 907 | 531421.00 | 2289623.00 | 1272 | 530812.00 | 2290335.00 |
| 178 | 530349.00 | 2291370.00 | 543 | 531639.00 | 2290382.00 | 908 | 531416.00 | 2289627.00 | 1273 | 530809.00 | 2290335.00 |
| 179 | 530354.00 | 2291369.00 | 544 | 531631.00 | 2290389.00 | 909 | 531413.00 | 2289631.00 | 1274 | 530806.00 | 2290335.00 |
| 180 | 530361.00 | 2291366.00 | 545 | 531622.00 | 2290390.00 | 910 | 531411.00 | 2289630.00 | 1275 | 530807.00 | 2290331.00 |
| 181 | 530370.00 | 2291356.00 | 546 | 531613.00 | 2290391.00 | 911 | 531406.00 | 2289626.00 | 1276 | 530802.00 | 2290329.00 |
| 182 | 530386.00 | 2291336.00 | 547 | 531599.00 | 2290395.00 | 912 | 531399.00 | 2289621.00 | 1277 | 530796.00 | 2290328.00 |
| 183 | 530391.00 | 2291330.00 | 548 | 531585.00 | 2290399.00 | 913 | 531393.00 | 2289617.00 | 1278 | 530794.00 | 2290328.00 |
| 184 | 530397.00 | 2291326.00 | 549 | 531580.00 | 2290400.00 | 914 | 531388.00 | 2289613.00 | 1279 | 530790.00 | 2290327.00 |
| 185 | 530404.00 | 2291326.00 | 550 | 531575.00 | 2290401.00 | 915 | 531377.00 | 2289608.00 | 1280 | 530786.00 | 2290327.00 |
| 186 | 530410.00 | 2291326.00 | 551 | 531569.00 | 2290402.00 | 916 | 531372.00 | 2289606.00 | 1281 | 530783.00 | 2290327.00 |
| 187 | 530431.00 | 2291327.00 | 552 | 531560.00 | 2290406.00 | 917 | 531366.00 | 2289604.00 | 1282 | 530780.00 | 2290327.00 |
| 188 | 530447.00 | 2291326.00 | 553 | 531550.00 | 2290414.00 | 918 | 531363.00 | 2289602.00 | 1283 | 530776.00 | 2290328.00 |
| 189 | 530481.00 | 2291339.00 | 554 | 531526.00 | 2290414.00 | 919 | 531359.00 | 2289600.00 | 1284 | 530773.00 | 2290328.00 |
| 190 | 530507.00 | 2291359.00 | 555 | 531513.00 | 2290421.00 | 920 | 531355.00 | 2289602.00 | 1285 | 530770.00 | 2290328.00 |
| 191 | 530536.00 | 2291370.00 | 556 | 531512.00 | 2290419.00 | 921 | 531351.00 | 2289603.00 | 1286 | 530768.00 | 2290328.00 |
| 192 | 530551.00 | 2291375.00 | 557 | 531510.00 | 2290416.00 | 922 | 531353.00 | 2289622.00 | 1287 | 530766.00 | 2290328.00 |
| 193 | 530564.00 | 2291377.00 | 558 | 531510.00 | 2290413.00 | 923 | 531354.00 | 2289636.00 | 1288 | 530764.00 | 2290328.00 |
| 194 | 530588.00 | 2291354.00 | 559 | 531509.00 | 2290410.00 | 924 | 531355.00 | 2289649.00 | 1289 | 530762.00 | 2290328.00 |
| 195 | 530605.00 | 2291344.00 | 560 | 531509.00 | 2290405.00 | 925 | 531359.00 | 2289677.00 | 1290 | 530761.00 | 2290327.00 |
| 196 | 530633.00 | 2291331.00 | 561 | 531509.00 | 2290399.00 | 926 | 531362.00 | 2289704.00 | 1291 | 530759.00 | 2290327.00 |
| 197 | 530660.00 | 2291321.00 | 562 | 531507.00 | 2290385.00 | 927 | 531362.00 | 2289723.00 | 1292 | 530758.00 | 2290326.00 |
| 198 | 530668.00 | 2291316.00 | 563 | 531502.00 | 2290386.00 | 928 | 531362.00 | 2289743.00 | 1293 | 530755.00 | 2290326.00 |
| 199 | 530658.00 | 2291235.00 | 564 | 531497.00 | 2290386.00 | 929 | 531360.00 | 2289747.00 | 1294 | 530753.00 | 2290326.00 |
| 200 | 530659.00 | 2291226.00 | 565 | 531494.00 | 2290387.00 | 930 | 531358.00 | 2289752.00 | 1295 | 530748.00 | 2290324.00 |
| 201 | 530645.00 | 2291225.00 | 566 | 531491.00 | 2290387.00 | 931 | 531356.00 | 2289758.00 | 1296 | 530744.00 | 2290323.00 |
| 202 | 530633.00 | 2291221.00 | 567 | 531489.00 | 2290388.00 | 932 | 531353.00 | 2289764.00 | 1297 | 530742.00 | 2290322.00 |
| 203 | 530620.00 | 2291199.00 | 568 | 531486.00 | 2290389.00 | 933 | 531351.00 | 2289770.00 | 1298 | 530740.00 | 2290321.00 |
| 204 | 530629.00 | 2291193.00 | 569 | 531478.00 | 2290391.00 | 934 | 531349.00 | 2289776.00 | 1299 | 530739.00 | 2290320.00 |
| 205 | 530640.00 | 2291183.00 | 570 | 531472.00 | 2290393.00 | 935 | 531347.00 | 2289783.00 | 1300 | 530737.00 | 2290319.00 |
| 206 | 530645.00 | 2291171.00 | 571 | 531465.00 | 2290395.00 | 936 | 531346.00 | 2289790.00 | 1301 | 530736.00 | 2290320.00 |
| 207 | 530643.00 | 2291167.00 | 572 | 531462.00 | 2290396.00 | 937 | 531345.00 | 2289794.00 | 1302 | 530734.00 | 2290322.00 |
| 208 | 530645.00 | 2291157.00 | 573 | 531459.00 | 2290398.00 | 938 | 531344.00 | 2289799.00 | 1303 | 530733.00 | 2290321.00 |
| 209 | 530650.00 | 2291148.00 | 574 | 531455.00 | 2290399.00 | 939 | 531343.00 | 2289801.00 | 1304 | 530731.00 | 2290320.00 |
| 210 | 530685.00 | 2291151.00 | 575 | 531449.00 | 2290402.00 | 940 | 531341.00 | 2289803.00 | 1305 | 530727.00 | 2290319.00 |
| 211 | 530692.00 | 2291146.00 | 576 | 531444.00 | 2290404.00 | 941 | 531344.00 | 2289807.00 | 1306 | 530722.00 | 2290318.00 |
| 212 | 530689.00 | 2291134.00 | 577 | 531440.00 | 2290406.00 | 942 | 531347.00 | 2289810.00 | 1307 | 530719.00 | 2290317.00 |
| 213 | 530715.00 | 2291136.00 | 578 | 531435.00 | 2290409.00 | 943 | 531349.00 | 2289813.00 | 1308 | 530716.00 | 2290316.00 |

| Ubicación de las Unidades Mineras de acuerdo con los polígonos de agrupación Coordenadas UTM (WGS-84, Zona 14N) | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 214 | 530737.00 | 2291134.00 | 579 | 531430.00 | 2290412.00 | 944 | 531350.00 | 2289816.00 | 1309 | 530712.00 | 2290316.00 |
| 215 | 530757.00 | 2291147.00 | 580 | 531426.00 | 2290416.00 | 945 | 531349.00 | 2289819.00 | 1310 | 530709.00 | 2290316.00 |
| 216 | 530774.00 | 2291150.00 | 581 | 531422.00 | 2290420.00 | 946 | 531348.00 | 2289821.00 | 1311 | 530707.00 | 2290316.00 |
| 217 | 530837.00 | 2291133.00 | 582 | 531418.00 | 2290424.00 | 947 | 531347.00 | 2289822.00 | 1312 | 530704.00 | 2290317.00 |
| 218 | 530815.00 | 2291056.00 | 583 | 531413.00 | 2290429.00 | 948 | 531345.00 | 2289824.00 | 1313 | 530701.00 | 2290317.00 |
| 219 | 530825.00 | 2291059.00 | 584 | 531408.00 | 2290434.00 | 949 | 531344.00 | 2289826.00 | 1314 | 530699.00 | 2290318.00 |
| 220 | 530842.00 | 2291054.00 | 585 | 531401.00 | 2290438.00 | 950 | 531343.00 | 2289827.00 | 1315 | 530695.00 | 2290319.00 |
| 221 | 530785.00 | 2291016.00 | 586 | 531398.00 | 2290441.00 | 951 | 531342.00 | 2289829.00 | 1316 | 530691.00 | 2290321.00 |
| 222 | 530776.00 | 2291005.00 | 587 | 531395.00 | 2290443.00 | 952 | 531341.00 | 2289831.00 | 1317 | 530688.00 | 2290323.00 |
| 223 | 530775.00 | 2291002.00 | 588 | 531392.00 | 2290438.00 | 953 | 531338.00 | 2289834.00 | 1318 | 530686.00 | 2290324.00 |
| 224 | 530775.00 | 2290995.00 | 589 | 531389.00 | 2290434.00 | 954 | 531336.00 | 2289837.00 | 1319 | 530684.00 | 2290325.00 |
| 225 | 530774.00 | 2290989.00 | 590 | 531386.00 | 2290428.00 | 955 | 531331.00 | 2289838.00 | 1320 | 530683.00 | 2290326.00 |
| 226 | 530774.00 | 2290986.00 | 591 | 531382.00 | 2290422.00 | 956 | 531325.00 | 2289839.00 | 1321 | 530678.00 | 2290329.00 |
| 227 | 530774.00 | 2290984.00 | 592 | 531379.00 | 2290417.00 | 957 | 531315.00 | 2289841.00 | 1322 | 530673.00 | 2290332.00 |
| 228 | 530775.00 | 2290975.00 | 593 | 531376.00 | 2290412.00 | 958 | 531318.00 | 2289843.00 | 1323 | 530672.00 | 2290332.00 |
| 229 | 530781.00 | 2290975.00 | 594 | 531373.00 | 2290408.00 | 959 | 531320.00 | 2289846.00 | 1324 | 530671.00 | 2290332.00 |
| 230 | 530787.00 | 2290976.00 | 595 | 531369.00 | 2290407.00 | 960 | 531322.00 | 2289850.00 | 1325 | 530669.00 | 2290331.00 |
| 231 | 530790.00 | 2290962.00 | 596 | 531364.00 | 2290406.00 | 961 | 531323.00 | 2289854.00 | 1326 | 530666.00 | 2290330.00 |
| 232 | 530793.00 | 2290947.00 | 597 | 531357.00 | 2290404.00 | 962 | 531325.00 | 2289859.00 | 1327 | 530665.00 | 2290329.00 |
| 233 | 530794.00 | 2290935.00 | 598 | 531350.00 | 2290402.00 | 963 | 531326.00 | 2289865.00 | 1328 | 530663.00 | 2290327.00 |
| 234 | 530796.00 | 2290923.00 | 599 | 531345.00 | 2290400.00 | 964 | 531327.00 | 2289870.00 | 1329 | 530661.00 | 2290326.00 |
| 235 | 530796.00 | 2290915.00 | 600 | 531339.00 | 2290398.00 | 965 | 531327.00 | 2289874.00 | 1330 | 530659.00 | 2290324.00 |
| 236 | 530796.00 | 2290906.00 | 601 | 531329.00 | 2290395.00 | 966 | 531327.00 | 2289878.00 | 1331 | 530658.00 | 2290323.00 |
| 237 | 530802.00 | 2290905.00 | 602 | 531325.00 | 2290383.00 | 967 | 531327.00 | 2289882.00 | 1332 | 530656.00 | 2290323.00 |
| 238 | 530808.00 | 2290904.00 | 603 | 531327.00 | 2290372.00 | 968 | 531327.00 | 2289886.00 | 1333 | 530655.00 | 2290323.00 |
| 239 | 530815.00 | 2290905.00 | 604 | 531328.00 | 2290360.00 | 969 | 531328.00 | 2289892.00 | 1334 | 530653.00 | 2290323.00 |
| 240 | 530822.00 | 2290906.00 | 605 | 531329.00 | 2290347.00 | 970 | 531327.00 | 2289895.00 | 1335 | 530652.00 | 2290322.00 |
| 241 | 530840.00 | 2290910.00 | 606 | 531330.00 | 2290340.00 | 971 | 531327.00 | 2289898.00 | 1336 | 530650.00 | 2290322.00 |
| 242 | 530858.00 | 2290914.00 | 607 | 531331.00 | 2290334.00 | 972 | 531326.00 | 2289903.00 | 1337 | 530649.00 | 2290321.00 |
| 243 | 530864.00 | 2290916.00 | 608 | 531334.00 | 2290323.00 | 973 | 531324.00 | 2289907.00 | 1338 | 530648.00 | 2290322.00 |
| 244 | 530883.00 | 2290920.00 | 609 | 531335.00 | 2290319.00 | 974 | 531323.00 | 2289911.00 | 1339 | 530647.00 | 2290325.00 |
| 245 | 530899.00 | 2290925.00 | 610 | 531336.00 | 2290316.00 | 975 | 531322.00 | 2289915.00 | 1340 | 530646.00 | 2290327.00 |
| 246 | 530905.00 | 2290927.00 | 611 | 531337.00 | 2290312.00 | 976 | 531321.00 | 2289918.00 | 1341 | 530644.00 | 2290327.00 |
| 247 | 530907.00 | 2290927.00 | 612 | 531339.00 | 2290308.00 | 977 | 531321.00 | 2289921.00 | 1342 | 530642.00 | 2290326.00 |
| 248 | 530910.00 | 2290924.00 | 613 | 531340.00 | 2290303.00 | 978 | 531321.00 | 2289923.00 | 1343 | 530640.00 | 2290325.00 |
| 249 | 530912.00 | 2290921.00 | 614 | 531341.00 | 2290299.00 | 979 | 531321.00 | 2289928.00 | 1344 | 530638.00 | 2290325.00 |
| 250 | 530915.00 | 2290917.00 | 615 | 531342.00 | 2290295.00 | 980 | 531322.00 | 2289934.00 | 1345 | 530636.00 | 2290323.00 |
| 251 | 530917.00 | 2290914.00 | 616 | 531344.00 | 2290292.00 | 981 | 531321.00 | 2289938.00 | 1346 | 530633.00 | 2290322.00 |
| 252 | 530918.00 | 2290911.00 | 617 | 531346.00 | 2290287.00 | 982 | 531318.00 | 2289944.00 | 1347 | 530631.00 | 2290322.00 |
| 253 | 530918.00 | 2290908.00 | 618 | 531349.00 | 2290282.00 | 983 | 531314.00 | 2289951.00 | 1348 | 530630.00 | 2290321.00 |
| 254 | 530918.00 | 2290906.00 | 619 | 531351.00 | 2290279.00 | 984 | 531312.00 | 2289954.00 | 1349 | 530627.00 | 2290319.00 |
| 255 | 530922.00 | 2290899.00 | 620 | 531352.00 | 2290277.00 | 985 | 531309.00 | 2289956.00 | 1350 | 530624.00 | 2290317.00 |
| 256 | 530928.00 | 2290887.00 | 621 | 531355.00 | 2290273.00 | 986 | 531308.00 | 2289962.00 | 1351 | 530616.00 | 2290312.00 |
| 257 | 530934.00 | 2290876.00 | 622 | 531357.00 | 2290269.00 | 987 | 531306.00 | 2289968.00 | 1352 | 530612.00 | 2290310.00 |
| 258 | 530938.00 | 2290865.00 | 623 | 531359.00 | 2290267.00 | 988 | 531298.00 | 2289973.00 | 1353 | 530608.00 | 2290308.00 |
| 259 | 530942.00 | 2290856.00 | 624 | 531362.00 | 2290259.00 | 989 | 531290.00 | 2289979.00 | 1354 | 530602.00 | 2290305.00 |
| 260 | 530948.00 | 2290839.00 | 625 | 531363.00 | 2290252.00 | 990 | 531290.00 | 2289983.00 | 1355 | 530596.00 | 2290301.00 |
| 261 | 530950.00 | 2290825.00 | 626 | 531367.00 | 2290243.00 | 991 | 531290.00 | 2289988.00 | 1356 | 530593.00 | 2290300.00 |
| 262 | 530952.00 | 2290812.00 | 627 | 531369.00 | 2290234.00 | 992 | 531295.00 | 2289987.00 | 1357 | 530590.00 | 2290299.00 |
| 263 | 530954.00 | 2290804.00 | 628 | 531371.00 | 2290225.00 | 993 | 531300.00 | 2289986.00 | 1358 | 530588.00 | 2290297.00 |
| 264 | 530955.00 | 2290797.00 | 629 | 531373.00 | 2290220.00 | 994 | 531305.00 | 2289983.00 | 1359 | 530585.00 | 2290296.00 |
| 265 | 530955.00 | 2290794.00 | 630 | 531374.00 | 2290214.00 | 995 | 531311.00 | 2289981.00 | 1360 | 530581.00 | 2290293.00 |
| 266 | 530956.00 | 2290791.00 | 631 | 531375.00 | 2290208.00 | 996 | 531316.00 | 2289980.00 | 1361 | 530577.00 | 2290291.00 |
| 267 | 530948.00 | 2290788.00 | 632 | 531376.00 | 2290201.00 | 997 | 531321.00 | 2289979.00 | 1362 | 530574.00 | 2290289.00 |
| 268 | 530938.00 | 2290785.00 | 633 | 531375.00 | 2290196.00 | 998 | 531323.00 | 2289985.00 | 1363 | 530570.00 | 2290286.00 |
| 269 | 530923.00 | 2290780.00 | 634 | 531374.00 | 2290190.00 | 999 | 531327.00 | 2289997.00 | 1364 | 530566.00 | 2290284.00 |
| 270 | 530910.00 | 2290776.00 | 635 | 531376.00 | 2290187.00 | 1000 | 531329.00 | 2290001.00 | 1365 | 530563.00 | 2290282.00 |
| 271 | 530883.00 | 2290754.00 | 636 | 531379.00 | 2290184.00 | 1001 | 531329.00 | 2290008.00 | 1366 | 530559.00 | 2290280.00 |
| 272 | 530879.00 | 2290753.00 | 637 | 531377.00 | 2290181.00 | 1002 | 531329.00 | 2290014.00 | 1367 | 530556.00 | 2290278.00 |
| 273 | 530875.00 | 2290752.00 | 638 | 531376.00 | 2290178.00 | 1003 | 531331.00 | 2290025.00 | 1368 | 530553.00 | 2290277.00 |
| 274 | 530871.00 | 2290744.00 | 639 | 531375.00 | 2290175.00 | 1004 | 531333.00 | 2290036.00 | 1369 | 530550.00 | 2290276.00 |
| 275 | 530866.00 | 2290737.00 | 640 | 531373.00 | 2290172.00 | 1005 | 531336.00 | 2290036.00 | 1370 | 530549.00 | 2290275.00 |
| 276 | 530864.00 | 2290734.00 | 641 | 531372.00 | 2290169.00 | 1006 | 531339.00 | 2290036.00 | 1371 | 530547.00 | 2290274.00 |

| Ubicación de las Unidades Mineras de acuerdo con los polígonos de agrupación Coordenadas UTM (WGS-84, Zona 14N) | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 277 | 530867.00 | 2290728.00 | 642 | 531370.00 | 2290167.00 | 1007 | 531343.00 | 2290037.00 | 1372 | 530545.00 | 2290273.00 |
| 278 | 530869.00 | 2290722.00 | 643 | 531369.00 | 2290164.00 | 1008 | 531347.00 | 2290039.00 | 1373 | 530544.00 | 2290272.00 |
| 279 | 530871.00 | 2290718.00 | 644 | 531369.00 | 2290162.00 | 1009 | 531351.00 | 2290040.00 | 1374 | 530542.00 | 2290271.00 |
| 280 | 530873.00 | 2290714.00 | 645 | 531368.00 | 2290155.00 | 1010 | 531354.00 | 2290041.00 | 1375 | 530540.00 | 2290270.00 |
| 281 | 530873.00 | 2290711.00 | 646 | 531367.00 | 2290148.00 | 1011 | 531355.00 | 2290048.00 | 1376 | 530538.00 | 2290269.00 |
| 282 | 530874.00 | 2290708.00 | 647 | 531367.00 | 2290141.00 | 1012 | 531356.00 | 2290055.00 | 1377 | 530536.00 | 2290268.00 |
| 283 | 530875.00 | 2290705.00 | 648 | 531367.00 | 2290134.00 | 1013 | 531358.00 | 2290057.00 | 1378 | 530535.00 | 2290267.00 |
| 284 | 530876.00 | 2290702.00 | 649 | 531368.00 | 2290127.00 | 1014 | 531359.00 | 2290060.00 | 1379 | 530533.00 | 2290266.00 |
| 285 | 530877.00 | 2290700.00 | 650 | 531368.00 | 2290119.00 | 1015 | 531358.00 | 2290069.00 | 1380 | 530531.00 | 2290267.00 |
| 286 | 530878.00 | 2290698.00 | 651 | 531368.00 | 2290114.00 | 1016 | 531357.00 | 2290079.00 | 1381 | 530529.00 | 2290268.00 |
| 287 | 530879.00 | 2290698.00 | 652 | 531369.00 | 2290108.00 | 1017 | 531357.00 | 2290094.00 | 1382 | 530526.00 | 2290268.00 |
| 288 | 530880.00 | 2290697.00 | 653 | 531368.00 | 2290105.00 | 1018 | 531357.00 | 2290108.00 | 1383 | 530522.00 | 2290268.00 |
| 289 | 530879.00 | 2290693.00 | 654 | 531368.00 | 2290102.00 | 1019 | 531356.00 | 2290119.00 | 1384 | 530519.00 | 2290268.00 |
| 290 | 530878.00 | 2290690.00 | 655 | 531368.00 | 2290097.00 | 1020 | 531356.00 | 2290129.00 | 1385 | 530517.00 | 2290268.00 |
| 291 | 530874.00 | 2290685.00 | 656 | 531369.00 | 2290093.00 | 1021 | 531355.00 | 2290141.00 | 1386 | 530515.00 | 2290267.00 |
| 292 | 530870.00 | 2290681.00 | 657 | 531369.00 | 2290088.00 | 1022 | 531355.00 | 2290153.00 | 1387 | 530513.00 | 2290267.00 |
| 293 | 530862.00 | 2290670.00 | 658 | 531369.00 | 2290083.00 | 1023 | 531357.00 | 2290161.00 | 1388 | 530512.00 | 2290267.00 |
| 294 | 530853.00 | 2290658.00 | 659 | 531368.00 | 2290074.00 | 1024 | 531359.00 | 2290169.00 | 1389 | 530510.00 | 2290268.00 |
| 295 | 530861.00 | 2290647.00 | 660 | 531368.00 | 2290065.00 | 1025 | 531362.00 | 2290180.00 | 1390 | 530509.00 | 2290265.00 |
| 296 | 530865.00 | 2290640.00 | 661 | 531368.00 | 2290060.00 | 1026 | 531365.00 | 2290190.00 | 1391 | 530508.00 | 2290263.00 |
| 297 | 530871.00 | 2290645.00 | 662 | 531367.00 | 2290055.00 | 1027 | 531365.00 | 2290201.00 | 1392 | 530506.00 | 2290258.00 |
| 298 | 530879.00 | 2290656.00 | 663 | 531368.00 | 2290050.00 | 1028 | 531363.00 | 2290205.00 | 1393 | 530505.00 | 2290253.00 |
| 299 | 530884.00 | 2290664.00 | 664 | 531368.00 | 2290046.00 | 1029 | 531360.00 | 2290216.00 | 1394 | 530503.00 | 2290249.00 |
| 300 | 530890.00 | 2290675.00 | 665 | 531369.00 | 2290042.00 | 1030 | 531358.00 | 2290224.00 | 1395 | 530501.00 | 2290245.00 |
| 301 | 530895.00 | 2290685.00 | 666 | 531370.00 | 2290039.00 | 1031 | 531358.00 | 2290228.00 | 1396 | 530497.00 | 2290241.00 |
| 302 | 530904.00 | 2290702.00 | 667 | 531370.00 | 2290036.00 | 1032 | 531356.00 | 2290234.00 | 1397 | 530493.00 | 2290236.00 |
| 303 | 530909.00 | 2290703.00 | 668 | 531370.00 | 2290033.00 | 1033 | 531355.00 | 2290240.00 | 1398 | 530491.00 | 2290233.00 |
| 304 | 530914.00 | 2290712.00 | 669 | 531372.00 | 2290031.00 | 1034 | 531355.00 | 2290244.00 | 1399 | 530489.00 | 2290231.00 |
| 305 | 530924.00 | 2290719.00 | 670 | 531375.00 | 2290029.00 | 1035 | 531354.00 | 2290247.00 | 1400 | 530487.00 | 2290229.00 |
| 306 | 530934.00 | 2290727.00 | 671 | 531379.00 | 2290027.00 | 1036 | 531347.00 | 2290252.00 | 1401 | 530485.00 | 2290226.00 |
| 307 | 530941.00 | 2290730.00 | 672 | 531383.00 | 2290025.00 | 1037 | 531340.00 | 2290257.00 | 1402 | 530482.00 | 2290224.00 |
| 308 | 530961.00 | 2290735.00 | 673 | 531388.00 | 2290023.00 | 1038 | 531337.00 | 2290260.00 | 1403 | 530479.00 | 2290222.00 |
| 309 | 530966.00 | 2290735.00 | 674 | 531392.00 | 2290021.00 | 1039 | 531333.00 | 2290262.00 | 1404 | 530477.00 | 2290221.00 |
| 310 | 530970.00 | 2290733.00 | 675 | 531396.00 | 2290019.00 | 1040 | 531330.00 | 2290264.00 | 1405 | 530474.00 | 2290219.00 |
| 311 | 530973.00 | 2290732.00 | 676 | 531400.00 | 2290017.00 | 1041 | 531328.00 | 2290266.00 | 1406 | 530465.00 | 2290217.00 |
| 312 | 530974.00 | 2290731.00 | 677 | 531404.00 | 2290013.00 | 1042 | 531320.00 | 2290271.00 | 1407 | 530456.00 | 2290216.00 |
| 313 | 530974.00 | 2290729.00 | 678 | 531408.00 | 2290008.00 | 1043 | 531314.00 | 2290275.00 | 1408 | 530454.00 | 2290214.00 |
| 314 | 530980.00 | 2290726.00 | 679 | 531412.00 | 2290007.00 | 1044 | 531307.00 | 2290280.00 | 1409 | 530453.00 | 2290213.00 |
| 315 | 530986.00 | 2290722.00 | 680 | 531415.00 | 2290005.00 | 1045 | 531302.00 | 2290284.00 | 1410 | 530450.00 | 2290212.00 |
| 316 | 530993.00 | 2290717.00 | 681 | 531421.00 | 2290003.00 | 1046 | 531297.00 | 2290287.00 | 1411 | 530448.00 | 2290211.00 |
| 317 | 530997.00 | 2290715.00 | 682 | 531427.00 | 2290000.00 | 1047 | 531294.00 | 2290290.00 | 1412 | 530444.00 | 2290211.00 |
| 318 | 531001.00 | 2290712.00 | 683 | 531430.00 | 2290000.00 | 1048 | 531285.00 | 2290295.00 | 1413 | 530441.00 | 2290210.00 |
| 319 | 531004.00 | 2290711.00 | 684 | 531433.00 | 2289999.00 | 1049 | 531276.00 | 2290300.00 | 1414 | 530438.00 | 2290208.00 |
| 320 | 531007.00 | 2290711.00 | 685 | 531437.00 | 2289997.00 | 1050 | 531270.00 | 2290310.00 | 1415 | 530435.00 | 2290207.00 |
| 321 | 531007.00 | 2290709.00 | 686 | 531441.00 | 2289995.00 | 1051 | 531264.00 | 2290321.00 | 1416 | 530432.00 | 2290205.00 |
| 322 | 531007.00 | 2290707.00 | 687 | 531445.00 | 2289991.00 | 1052 | 531260.00 | 2290324.00 | 1417 | 530429.00 | 2290202.00 |
| 323 | 531011.00 | 2290705.00 | 688 | 531449.00 | 2289987.00 | 1053 | 531256.00 | 2290327.00 | 1418 | 530426.00 | 2290201.00 |
| 324 | 531016.00 | 2290704.00 | 689 | 531453.00 | 2289982.00 | 1054 | 531250.00 | 2290333.00 | 1419 | 530422.00 | 2290200.00 |
| 325 | 531019.00 | 2290702.00 | 690 | 531458.00 | 2289976.00 | 1055 | 531245.00 | 2290339.00 | 1420 | 530422.00 | 2290198.00 |
| 326 | 531022.00 | 2290701.00 | 691 | 531463.00 | 2289971.00 | 1056 | 531242.00 | 2290347.00 | 1421 | 530421.00 | 2290196.00 |
| 327 | 531025.00 | 2290701.00 | 692 | 531467.00 | 2289966.00 | 1057 | 531240.00 | 2290354.00 | 1422 | 530421.00 | 2290194.00 |
| 328 | 531033.00 | 2290696.00 | 693 | 531464.00 | 2289955.00 | 1058 | 531239.00 | 2290359.00 | 1423 | 530421.00 | 2290192.00 |
| 329 | 531035.00 | 2290695.00 | 694 | 531461.00 | 2289945.00 | 1059 | 531238.00 | 2290363.00 | 1424 | 530418.00 | 2290194.00 |
| 330 | 531038.00 | 2290694.00 | 695 | 531457.00 | 2289935.00 | 1060 | 531237.00 | 2290368.00 | 1425 | 530416.00 | 2290195.00 |
| 331 | 531039.00 | 2290694.00 | 696 | 531453.00 | 2289925.00 | 1061 | 531236.00 | 2290373.00 | 1426 | 530415.00 | 2290197.00 |
| 332 | 531042.00 | 2290692.00 | 697 | 531449.00 | 2289916.00 | 1062 | 531235.00 | 2290377.00 | 1427 | 530415.00 | 2290198.00 |
| 333 | 531044.00 | 2290691.00 | 698 | 531445.00 | 2289908.00 | 1063 | 531233.00 | 2290381.00 | 1428 | 530414.00 | 2290200.00 |
| 334 | 531045.00 | 2290690.00 | 699 | 531444.00 | 2289903.00 | 1064 | 531230.00 | 2290381.00 | 1429 | 530414.00 | 2290202.00 |
| 335 | 531047.00 | 2290689.00 | 700 | 531442.00 | 2289899.00 | 1065 | 531226.00 | 2290380.00 | 1430 | 530415.00 | 2290205.00 |
| 336 | 531049.00 | 2290688.00 | 701 | 531442.00 | 2289895.00 | 1066 | 531222.00 | 2290378.00 | 1431 | 530415.00 | 2290209.00 |
| 337 | 531050.00 | 2290687.00 | 702 | 531443.00 | 2289890.00 | 1067 | 531220.00 | 2290372.00 | 1432 | 530417.00 | 2290213.00 |
| 338 | 531051.00 | 2290685.00 | 703 | 531447.00 | 2289888.00 | 1068 | 531219.00 | 2290367.00 | 1433 | 530419.00 | 2290217.00 |
| 339 | 531054.00 | 2290684.00 | 704 | 531452.00 | 2289886.00 | 1069 | 531217.00 | 2290361.00 | 1434 | 530421.00 | 2290221.00 |

| Ubicación de las Unidades Mineras de acuerdo con los polígonos de agrupación Coordenadas UTM (WGS-84, Zona 14N) | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 340 | 531057.00 | 2290683.00 | 705 | 531465.00 | 2289882.00 | 1070 | 531215.00 | 2290355.00 | 1435 | 530423.00 | 2290224.00 |
| 341 | 531061.00 | 2290681.00 | 706 | 531472.00 | 2289880.00 | 1071 | 531208.00 | 2290351.00 | 1436 | 530425.00 | 2290227.00 |
| 342 | 531065.00 | 2290680.00 | 707 | 531479.00 | 2289877.00 | 1072 | 531202.00 | 2290347.00 | 1437 | 530426.00 | 2290229.00 |
| 343 | 531070.00 | 2290678.00 | 708 | 531483.00 | 2289878.00 | 1073 | 531196.00 | 2290352.00 | 1438 | 530425.00 | 2290232.00 |
| 344 | 531076.00 | 2290676.00 | 709 | 531486.00 | 2289878.00 | 1074 | 531190.00 | 2290356.00 | 1439 | 530424.00 | 2290235.00 |
| 345 | 531083.00 | 2290672.00 | 710 | 531493.00 | 2289881.00 | 1075 | 531179.00 | 2290364.00 | 1440 | 530429.00 | 2290243.00 |
| 346 | 531091.00 | 2290667.00 | 711 | 531500.00 | 2289884.00 | 1076 | 531169.00 | 2290372.00 | 1441 | 530434.00 | 2290251.00 |
| 347 | 531101.00 | 2290667.00 | 712 | 531504.00 | 2289885.00 | 1077 | 531166.00 | 2290374.00 | 1442 | 530440.00 | 2290256.00 |
| 348 | 531112.00 | 2290667.00 | 713 | 531508.00 | 2289886.00 | 1078 | 531161.00 | 2290376.00 | 1443 | 530446.00 | 2290262.00 |
| 349 | 531121.00 | 2290664.00 | 714 | 531510.00 | 2289886.00 | 1079 | 531156.00 | 2290378.00 | 1444 | 530450.00 | 2290268.00 |
| 350 | 531124.00 | 2290660.00 | 715 | 531512.00 | 2289886.00 | 1080 | 531151.00 | 2290380.00 | 1445 | 530454.00 | 2290274.00 |
| 351 | 531129.00 | 2290651.00 | 716 | 531513.00 | 2289888.00 | 1081 | 531144.00 | 2290380.00 | 1446 | 530455.00 | 2290279.00 |
| 352 | 531134.00 | 2290643.00 | 717 | 531515.00 | 2289889.00 | 1082 | 531138.00 | 2290379.00 | 1447 | 530455.00 | 2290280.00 |
| 353 | 531137.00 | 2290639.00 | 718 | 531518.00 | 2289887.00 | 1083 | 531132.00 | 2290377.00 | 1448 | 530454.00 | 2290281.00 |
| 354 | 531139.00 | 2290635.00 | 719 | 531520.00 | 2289884.00 | 1084 | 531127.00 | 2290374.00 | 1449 | 530452.00 | 2290282.00 |
| 355 | 531142.00 | 2290631.00 | 720 | 531522.00 | 2289881.00 | 1085 | 531122.00 | 2290371.00 | 1450 | 530450.00 | 2290283.00 |
| 356 | 531147.00 | 2290629.00 | 721 | 531524.00 | 2289879.00 | 1086 | 531118.00 | 2290368.00 | 1451 | 530448.00 | 2290284.00 |
| 357 | 531152.00 | 2290626.00 | 722 | 531528.00 | 2289877.00 | 1087 | 531115.00 | 2290364.00 | 1452 | 530446.00 | 2290285.00 |
| 358 | 531155.00 | 2290624.00 | 723 | 531532.00 | 2289875.00 | 1088 | 531113.00 | 2290360.00 | 1453 | 530444.00 | 2290286.00 |
| 359 | 531159.00 | 2290622.00 | 724 | 531536.00 | 2289873.00 | 1089 | 531110.00 | 2290356.00 | 1454 | 530442.00 | 2290287.00 |
| 360 | 531161.00 | 2290620.00 | 725 | 531533.00 | 2289870.00 | 1090 | 531106.00 | 2290351.00 | 1455 | 530437.00 | 2290290.00 |
| 361 | 531163.00 | 2290617.00 | 726 | 531529.00 | 2289867.00 | 1091 | 531102.00 | 2290346.00 | 1456 | 530435.00 | 2290291.00 |
| 362 | 531166.00 | 2290616.00 | 727 | 531528.00 | 2289866.00 | 1092 | 531096.00 | 2290339.00 | 1457 | 530428.00 | 2290293.00 |
| 363 | 531168.00 | 2290615.00 | 728 | 531527.00 | 2289866.00 | 1093 | 531091.00 | 2290333.00 | 1458 | 530453.00 | 2290331.00 |
| 364 | 531173.00 | 2290613.00 | 729 | 531524.00 | 2289864.00 | 1094 | 531085.00 | 2290327.00 | 1459 | 530478.00 | 2290369.00 |
| 365 | 531177.00 | 2290611.00 | 730 | 531522.00 | 2289862.00 | 1095 | 531081.00 | 2290322.00 | 1460 | 530489.00 | 2290387.00 |
| Unidad Nonoalco Polígono de Agrupación 6A Jalamelco | | | | | | | | | | | |
| ID | X | Y | ID | X | Y | ID | X | Y | ID | X | Y |
| 1 | 532121.00 | 2300353.00 | 7 | 532111.00 | 2300227.00 | 13 | 531968.00 | 2300131.00 | 19 | 532058.00 | 2300418.00 |
| 2 | 532112.00 | 2300340.00 | 8 | 532112.00 | 2300219.00 | 14 | 531998.00 | 2300291.00 | 20 | 532089.00 | 2300418.00 |
| 3 | 532115.00 | 2300316.00 | 9 | 532072.00 | 2300170.00 | 15 | 531996.00 | 2300316.00 | 21 | 532111.00 | 2300373.00 |
| 4 | 532097.00 | 2300294.00 | 10 | 532071.00 | 2300122.00 | 16 | 532005.00 | 2300334.00 | ----- | ----- | ----- |
| 5 | 532115.00 | 2300256.00 | 11 | 532077.00 | 2300107.00 | 17 | 532023.00 | 2300377.00 | ----- | ----- | ----- |
| 6 | 532118.00 | 2300248.00 | 12 | 532014.00 | 2300073.00 | 18 | 532041.00 | 2300386.00 | ----- | ----- | ----- |
| Unidad Nonoalco Polígono de Agrupación 6B El Lucero | | | | | | | | | | | |
| ID | X | Y | ID | X | Y | ID | X | Y | ID | X | Y |
| 1 | 528311.00 | 2297363.00 | 15 | 528285.00 | 2297276.00 | 29 | 528258.00 | 2297502.00 | 43 | 528378.00 | 2297490.00 |
| 2 | 528306.00 | 2297348.00 | 16 | 528282.00 | 2297273.00 | 30 | 528251.00 | 2297506.00 | 44 | 528381.00 | 2297482.00 |
| 3 | 528306.00 | 2297337.00 | 17 | 528270.00 | 2297277.00 | 31 | 528261.00 | 2297530.00 | 45 | 528384.00 | 2297472.00 |
| 4 | 528309.00 | 2297313.00 | 18 | 528282.00 | 2297289.00 | 32 | 528277.00 | 2297530.00 | 46 | 528387.00 | 2297464.00 |
| 5 | 528310.00 | 2297297.00 | 19 | 528274.00 | 2297301.00 | 33 | 528303.00 | 2297548.00 | 47 | 528386.00 | 2297460.00 |
| 6 | 528317.00 | 2297293.00 | 20 | 528268.00 | 2297321.00 | 34 | 528317.00 | 2297560.00 | 48 | 528385.00 | 2297454.00 |
| 7 | 528328.00 | 2297294.00 | 21 | 528275.00 | 2297344.00 | 35 | 528318.00 | 2297564.00 | 49 | 528382.00 | 2297433.00 |
| 8 | 528312.00 | 2297289.00 | 22 | 528291.00 | 2297366.00 | 36 | 528336.00 | 2297564.00 | 50 | 528382.00 | 2297414.00 |
| 9 | 528306.00 | 2297288.00 | 23 | 528297.00 | 2297383.00 | 37 | 528353.00 | 2297562.00 | 51 | 528387.00 | 2297412.00 |
| 10 | 528302.00 | 2297287.00 | 24 | 528299.00 | 2297402.00 | 38 | 528365.00 | 2297542.00 | 52 | 528383.00 | 2297402.00 |
| 11 | 528300.00 | 2297286.00 | 25 | 528296.00 | 2297420.00 | 39 | 528370.00 | 2297521.00 | 53 | 528363.00 | 2297391.00 |
| 12 | 528295.00 | 2297284.00 | 26 | 528287.00 | 2297436.00 | 40 | 528372.00 | 2297514.00 | 54 | 528347.00 | 2297382.00 |
| 13 | 528292.00 | 2297281.00 | 27 | 528279.00 | 2297453.00 | 41 | 528373.00 | 2297510.00 | ----- | ----- | ----- |
| 14 | 528289.00 | 2297279.00 | 28 | 528267.00 | 2297482.00 | 42 | 528375.00 | 2297498.00 | ----- | ----- | ----- |
| Unidad Nonoalco Polígono de Agrupación 6C Ocotitla | | | | | | | | | | | |
| ID | X | Y | ID | X | Y | ID | X | Y | ID | X | Y |
| 1 | 527205.00 | 2294815.00 | 4 | 527251.00 | 2294784.00 | 7 | 527175.00 | 2294733.00 | 10 | 527142.00 | 2294753.00 |
| 2 | 527233.00 | 2294800.00 | 5 | 527202.00 | 2294810.00 | 8 | 527165.00 | 2294738.00 | 11 | 527128.00 | 2294840.00 |
| 3 | 527254.00 | 2294789.00 | 6 | 527186.00 | 2294729.00 | 9 | 527142.00 | 2294747.00 | ----- | ----- | ----- |
| Unidad Nonoalco Polígono de Agrupación 6D Yatitla | | | | | | | | | | | |
| ID | X | Y | ID | X | Y | ID | X | Y | ID | X | Y |
| 1 | 527128.00 | 2294840.00 | 4 | 527165.00 | 2294738.00 | 7 | 527090.00 | 2294654.00 | 10 | 527074.00 | 2294927.00 |
| 2 | 527142.00 | 2294753.00 | 5 | 527175.00 | 2294733.00 | 8 | 527022.00 | 2294660.00 | ----- | ----- | ----- |
| 3 | 527142.00 | 2294747.00 | 6 | 527186.00 | 2294729.00 | 9 | 527029.00 | 2294753.00 | ----- | ----- | ----- |
| Unidad Nonoalco Polígono de Agrupación 6E Mina La Colmena | | | | | | | | | | | |
| ID | X | Y | ID | X | Y | ID | X | Y | ID | X | Y |
| 1 | 527573.00 | 2294584.00 | 34 | 527846.00 | 2294500.00 | 67 | 527971.00 | 2294375.00 | 100 | 527418.00 | 2294188.00 |
| 2 | 527592.00 | 2294594.00 | 35 | 527853.00 | 2294501.00 | 68 | 527932.00 | 2294368.00 | 101 | 527396.00 | 2294198.00 |

| Ubicación de las Unidades Mineras de acuerdo con los polígonos de agrupación Coordenadas UTM (WGS-84, Zona 14N) | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 3 | 527605.00 | 2294592.00 | 36 | 527870.00 | 2294510.00 | 69 | 527914.00 | 2294370.00 | 102 | 527376.00 | 2294199.00 |
| 4 | 527622.00 | 2294594.00 | 37 | 527882.00 | 2294516.00 | 70 | 527896.00 | 2294375.00 | 103 | 527370.00 | 2294209.00 |
| 5 | 527638.00 | 2294599.00 | 38 | 527902.00 | 2294515.00 | 71 | 527874.00 | 2294377.00 | 104 | 527357.00 | 2294230.00 |
| 6 | 527653.00 | 2294599.00 | 39 | 527920.00 | 2294517.00 | 72 | 527868.00 | 2294368.00 | 105 | 527340.00 | 2294249.00 |
| 7 | 527661.00 | 2294607.00 | 40 | 527932.00 | 2294516.00 | 73 | 527859.00 | 2294360.00 | 106 | 527328.00 | 2294258.00 |
| 8 | 527667.00 | 2294611.00 | 41 | 527954.00 | 2294513.00 | 74 | 527850.00 | 2294353.00 | 107 | 527319.00 | 2294282.00 |
| 9 | 527674.00 | 2294606.00 | 42 | 527969.00 | 2294511.00 | 75 | 527836.00 | 2294346.00 | 108 | 527316.00 | 2294293.00 |
| 10 | 527680.00 | 2294593.00 | 43 | 527976.00 | 2294502.00 | 76 | 527819.00 | 2294340.00 | 109 | 527316.00 | 2294303.00 |
| 11 | 527704.00 | 2294604.00 | 44 | 527970.00 | 2294489.00 | 77 | 527810.00 | 2294337.00 | 110 | 527313.00 | 2294315.00 |
| 12 | 527711.00 | 2294599.00 | 45 | 527968.00 | 2294475.00 | 78 | 527795.00 | 2294337.00 | 111 | 527310.00 | 2294324.00 |
| 13 | 527717.00 | 2294580.00 | 46 | 527973.00 | 2294468.00 | 79 | 527779.00 | 2294330.00 | 112 | 527310.00 | 2294339.00 |
| 14 | 527721.00 | 2294575.00 | 47 | 527983.00 | 2294472.00 | 80 | 527675.00 | 2294298.00 | 113 | 527301.00 | 2294347.00 |
| 15 | 527716.00 | 2294571.00 | 48 | 527989.00 | 2294466.00 | 81 | 527667.00 | 2294282.00 | 114 | 527318.00 | 2294371.00 |
| 16 | 527718.00 | 2294560.00 | 49 | 527999.00 | 2294470.00 | 82 | 527656.00 | 2294259.00 | 115 | 527331.00 | 2294390.00 |
| 17 | 527714.00 | 2294543.00 | 50 | 528009.00 | 2294470.00 | 83 | 527652.00 | 2294248.00 | 116 | 527347.00 | 2294402.00 |
| 18 | 527709.00 | 2294527.00 | 51 | 528014.00 | 2294471.00 | 84 | 527678.00 | 2294234.00 | 117 | 527374.00 | 2294418.00 |
| 19 | 527718.00 | 2294520.00 | 52 | 528016.00 | 2294464.00 | 85 | 527659.00 | 2294228.00 | 118 | 527385.00 | 2294444.00 |
| 20 | 527722.00 | 2294516.00 | 53 | 528026.00 | 2294473.00 | 86 | 527647.00 | 2294222.00 | 119 | 527392.00 | 2294464.00 |
| 21 | 527720.00 | 2294502.00 | 54 | 528036.00 | 2294474.00 | 87 | 527617.00 | 2294205.00 | 120 | 527386.00 | 2294475.00 |
| 22 | 527720.00 | 2294494.00 | 55 | 528040.00 | 2294464.00 | 88 | 527593.00 | 2294197.00 | 121 | 527388.00 | 2294490.00 |
| 23 | 527720.00 | 2294482.00 | 56 | 528049.00 | 2294471.00 | 89 | 527574.00 | 2294184.00 | 122 | 527422.00 | 2294501.00 |
| 24 | 527731.00 | 2294479.00 | 57 | 528060.00 | 2294477.00 | 90 | 527556.00 | 2294180.00 | 123 | 527437.00 | 2294502.00 |
| 25 | 527743.00 | 2294475.00 | 58 | 528069.00 | 2294487.00 | 91 | 527545.00 | 2294159.00 | 124 | 527464.00 | 2294510.00 |
| 26 | 527750.00 | 2294474.00 | 59 | 528076.00 | 2294485.00 | 92 | 527542.00 | 2294148.00 | 125 | 527493.00 | 2294515.00 |
| 27 | 527757.00 | 2294476.00 | 60 | 528088.00 | 2294479.00 | 93 | 527535.00 | 2294128.00 | 126 | 527499.00 | 2294512.00 |
| 28 | 527776.00 | 2294482.00 | 61 | 528104.00 | 2294465.00 | 94 | 527512.00 | 2294120.00 | 127 | 527519.00 | 2294506.00 |
| 29 | 527785.00 | 2294484.00 | 62 | 528087.00 | 2294448.00 | 95 | 527495.00 | 2294118.00 | 128 | 527542.00 | 2294509.00 |
| 30 | 527799.00 | 2294491.00 | 63 | 528076.00 | 2294443.00 | 96 | 527459.00 | 2294133.00 | 129 | 527573.00 | 2294537.00 |
| 31 | 527807.00 | 2294491.00 | 64 | 528059.00 | 2294427.00 | 97 | 527452.00 | 2294141.00 | 130 | 527589.00 | 2294555.00 |
| 32 | 527815.00 | 2294494.00 | 65 | 528049.00 | 2294408.00 | 98 | 527445.00 | 2294159.00 | 131 | 527583.00 | 2294571.00 |
| 33 | 527834.00 | 2294502.00 | 66 | 528029.00 | 2294376.00 | 99 | 527432.00 | 2294178.00 | ----- | ----- | ----- |
| **Unidad Nonoalco Polígono de Agrupación 6F Mina Vieja** | | | | | | | | | | | |
| **ID** | **X** | **Y** | **ID** | **X** | **Y** | **ID** | **X** | **Y** | **ID** | **X** | **Y** |
| 1 | 526744.00 | 2293717.00 | 20 | 526599.00 | 2293637.00 | 39 | 526592.00 | 2293814.00 | 58 | 526776.00 | 2293871.00 |
| 2 | 526738.00 | 2293684.00 | 21 | 526579.00 | 2293657.00 | 40 | 526596.00 | 2293816.00 | 59 | 526779.00 | 2293865.00 |
| 3 | 526735.00 | 2293678.00 | 22 | 526574.00 | 2293660.00 | 41 | 526595.00 | 2293823.00 | 60 | 526776.00 | 2293852.00 |
| 4 | 526731.00 | 2293680.00 | 23 | 526567.00 | 2293662.00 | 42 | 526582.00 | 2293847.00 | 61 | 526774.00 | 2293848.00 |
| 5 | 526717.00 | 2293671.00 | 24 | 526563.00 | 2293670.00 | 43 | 526572.00 | 2293871.00 | 62 | 526759.00 | 2293839.00 |
| 6 | 526701.00 | 2293655.00 | 25 | 526579.00 | 2293684.00 | 44 | 526581.00 | 2293861.00 | 63 | 526736.00 | 2293820.00 |
| 7 | 526695.00 | 2293636.00 | 26 | 526591.00 | 2293694.00 | 45 | 526598.00 | 2293855.00 | 64 | 526747.00 | 2293810.00 |
| 8 | 526692.00 | 2293630.00 | 27 | 526600.00 | 2293709.00 | 46 | 526614.00 | 2293843.00 | 65 | 526743.00 | 2293805.00 |
| 9 | 526691.00 | 2293627.00 | 28 | 526601.00 | 2293718.00 | 47 | 526623.00 | 2293839.00 | 66 | 526742.00 | 2293801.00 |
| 10 | 526683.00 | 2293595.00 | 29 | 526611.00 | 2293738.00 | 48 | 526638.00 | 2293835.00 | 67 | 526743.00 | 2293797.00 |
| 11 | 526683.00 | 2293593.00 | 30 | 526591.00 | 2293747.00 | 49 | 526668.00 | 2293843.00 | 68 | 526746.00 | 2293789.00 |
| 12 | 526683.00 | 2293579.00 | 31 | 526577.00 | 2293744.00 | 50 | 526687.00 | 2293848.00 | 69 | 526748.00 | 2293776.00 |
| 13 | 526682.00 | 2293562.00 | 32 | 526575.00 | 2293748.00 | 51 | 526695.00 | 2293858.00 | 70 | 526749.00 | 2293770.00 |
| 14 | 526675.00 | 2293569.00 | 33 | 526573.00 | 2293753.00 | 52 | 526700.00 | 2293877.00 | 71 | 526747.00 | 2293757.00 |
| 15 | 526659.00 | 2293586.00 | 34 | 526581.00 | 2293761.00 | 53 | 526713.00 | 2293889.00 | 72 | 526746.00 | 2293742.00 |
| 16 | 526642.00 | 2293603.00 | 35 | 526589.00 | 2293770.00 | 54 | 526725.00 | 2293902.00 | 73 | 526746.00 | 2293725.00 |
| 17 | 526641.00 | 2293604.00 | 36 | 526607.00 | 2293786.00 | 55 | 526768.00 | 2293891.00 | ----- | ----- | ----- |
| 18 | 526625.00 | 2293613.00 | 37 | 526603.00 | 2293796.00 | 56 | 526773.00 | 2293884.00 | ----- | ----- | ----- |
| 19 | 526616.00 | 2293618.00 | 38 | 526598.00 | 2293804.00 | 57 | 526773.00 | 2293876.00 | ----- | ----- | ----- |
| **Unidad Nonoalco Polígono de Agrupación 6G Ocote Tierno** | | | | | | | | | | | |
| **ID** | **X** | **Y** | **ID** | **X** | **Y** | **ID** | **X** | **Y** | **ID** | **X** | **Y** |
| 1 | 526675.00 | 2293569.00 | 12 | 526835.00 | 2293396.00 | 23 | 526742.00 | 2293244.00 | 34 | 526680.00 | 2293420.00 |
| 2 | 526682.00 | 2293562.00 | 13 | 526829.00 | 2293368.00 | 24 | 526724.00 | 2293238.00 | 35 | 526672.00 | 2293439.00 |
| 3 | 526702.00 | 2293540.00 | 14 | 526813.00 | 2293337.00 | 25 | 526714.00 | 2293272.00 | 36 | 526656.00 | 2293465.00 |
| 4 | 526710.00 | 2293518.00 | 15 | 526793.00 | 2293305.00 | 26 | 526718.00 | 2293284.00 | 37 | 526654.00 | 2293480.00 |
| 5 | 526715.00 | 2293510.00 | 16 | 526781.00 | 2293290.00 | 27 | 526724.00 | 2293299.00 | 38 | 526646.00 | 2293501.00 |
| 6 | 526731.00 | 2293493.00 | 17 | 526780.00 | 2293271.00 | 28 | 526705.00 | 2293311.00 | 39 | 526658.00 | 2293520.00 |
| 7 | 526745.00 | 2293475.00 | 18 | 526780.00 | 2293259.00 | 29 | 526694.00 | 2293326.00 | 40 | 526662.00 | 2293528.00 |
| 8 | 526765.00 | 2293461.00 | 19 | 526785.00 | 2293231.00 | 30 | 526688.00 | 2293351.00 | 41 | 526672.00 | 2293556.00 |
| 9 | 526779.00 | 2293454.00 | 20 | 526774.00 | 2293242.00 | 31 | 526696.00 | 2293386.00 | ----- | ----- | ----- |

| Ubicación de las Unidades Mineras de acuerdo con los polígonos de agrupación Coordenadas UTM (WGS-84, Zona 14N) | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 10 | 526806.00 | 2293438.00 | 21 | 526763.00 | 2293254.00 | 32 | 526695.00 | 2293396.00 | ----- | ----- | ----- |
| 11 | 526839.00 | 2293426.00 | 22 | 526757.00 | 2293254.00 | 33 | 526688.00 | 2293405.00 | ----- | ----- | ----- |
| **Unidad Nonoalco Polígono de Agrupación 6H Malila 1** | | | | | | | | | | | |
| **ID** | **X** | **Y** | **ID** | **X** | **Y** | **ID** | **X** | **Y** | **ID** | **X** | **Y** |
| 1 | 528534.00 | 2292055.00 | 9 | 528605.00 | 2292026.00 | 17 | 528465.00 | 2292006.00 | 25 | 528417.00 | 2292070.00 |
| 2 | 528543.00 | 2292053.00 | 10 | 528614.00 | 2292016.00 | 18 | 528452.00 | 2292013.00 | 26 | 528411.00 | 2292077.00 |
| 3 | 528550.00 | 2292052.00 | 11 | 528623.00 | 2292011.00 | 19 | 528441.00 | 2292017.00 | 27 | 528428.00 | 2292096.00 |
| 4 | 528558.00 | 2292048.00 | 12 | 528581.00 | 2291996.00 | 20 | 528436.00 | 2292023.00 | 28 | 528504.00 | 2292067.00 |
| 5 | 528570.00 | 2292039.00 | 13 | 528548.00 | 2292000.00 | 21 | 528434.00 | 2292035.00 | 29 | 528509.00 | 2292065.00 |
| 6 | 528582.00 | 2292035.00 | 14 | 528487.00 | 2291995.00 | 22 | 528431.00 | 2292048.00 | 30 | 528518.00 | 2292061.00 |
| 7 | 528591.00 | 2292032.00 | 15 | 528485.00 | 2291995.00 | 23 | 528429.00 | 2292053.00 | 31 | 528527.00 | 2292057.00 |
| 8 | 528599.00 | 2292029.00 | 16 | 528477.00 | 2292000.00 | 24 | 528422.00 | 2292064.00 | ----- | ----- | ----- |
| **Unidad Nonoalco Polígono de Agrupación 6I Cajón Malila** | | | | | | | | | | | |
| **ID** | **X** | **Y** | **ID** | **X** | **Y** | **ID** | **X** | **Y** | **ID** | **X** | **Y** |
| 1 | 528576.00 | 2291897.00 | 20 | 528621.00 | 2291854.00 | 39 | 528572.00 | 2291840.00 | 58 | 528550.00 | 2291909.00 |
| 2 | 528578.00 | 2291895.00 | 21 | 528619.00 | 2291849.00 | 40 | 528569.00 | 2291842.00 | 59 | 528547.00 | 2291912.00 |
| 3 | 528580.00 | 2291893.00 | 22 | 528616.00 | 2291843.00 | 41 | 528564.00 | 2291845.00 | 60 | 528569.00 | 2291924.00 |
| 4 | 528581.00 | 2291890.00 | 23 | 528613.00 | 2291838.00 | 42 | 528559.00 | 2291848.00 | 61 | 528569.00 | 2291923.00 |
| 5 | 528583.00 | 2291888.00 | 24 | 528610.00 | 2291832.00 | 43 | 528553.00 | 2291848.00 | 62 | 528569.00 | 2291921.00 |
| 6 | 528591.00 | 2291884.00 | 25 | 528607.00 | 2291826.00 | 44 | 528549.00 | 2291847.00 | 63 | 528568.00 | 2291920.00 |
| 7 | 528599.00 | 2291883.00 | 26 | 528605.00 | 2291820.00 | 45 | 528544.00 | 2291846.00 | 64 | 528568.00 | 2291918.00 |
| 8 | 528603.00 | 2291882.00 | 27 | 528601.00 | 2291814.00 | 46 | 528533.00 | 2291849.00 | 65 | 528568.00 | 2291917.00 |
| 9 | 528606.00 | 2291883.00 | 28 | 528596.00 | 2291804.00 | 47 | 528528.00 | 2291848.00 | 66 | 528567.00 | 2291916.00 |
| 10 | 528607.00 | 2291886.00 | 29 | 528595.00 | 2291807.00 | 48 | 528529.00 | 2291851.00 | 67 | 528566.00 | 2291915.00 |
| 11 | 528615.00 | 2291890.00 | 30 | 528596.00 | 2291811.00 | 49 | 528532.00 | 2291860.00 | 68 | 528566.00 | 2291913.00 |
| 12 | 528618.00 | 2291886.00 | 31 | 528593.00 | 2291814.00 | 50 | 528534.00 | 2291867.00 | 69 | 528566.00 | 2291912.00 |
| 13 | 528619.00 | 2291881.00 | 32 | 528590.00 | 2291817.00 | 51 | 528534.00 | 2291874.00 | 70 | 528565.00 | 2291910.00 |
| 14 | 528620.00 | 2291880.00 | 33 | 528586.00 | 2291818.00 | 52 | 528534.00 | 2291881.00 | 71 | 528567.00 | 2291907.00 |
| 15 | 528626.00 | 2291878.00 | 34 | 528582.00 | 2291824.00 | 53 | 528534.00 | 2291895.00 | 72 | 528568.00 | 2291905.00 |
| 16 | 528628.00 | 2291875.00 | 35 | 528580.00 | 2291828.00 | 54 | 528539.00 | 2291892.00 | 73 | 528570.00 | 2291903.00 |
| 17 | 528630.00 | 2291873.00 | 36 | 528578.00 | 2291831.00 | 55 | 528544.00 | 2291897.00 | 74 | 528573.00 | 2291901.00 |
| 18 | 528628.00 | 2291869.00 | 37 | 528577.00 | 2291833.00 | 56 | 528546.00 | 2291900.00 | 75 | 528574.00 | 2291899.00 |
| 19 | 528624.00 | 2291859.00 | 38 | 528574.00 | 2291838.00 | 57 | 528549.00 | 2291907.00 | ----- | ----- | ----- |
| **Unidad Nonoalco Polígono de Agrupación 6J Malila 3** | | | | | | | | | | | |
| **ID** | **X** | **Y** | **ID** | **X** | **Y** | **ID** | **X** | **Y** | **ID** | **X** | **Y** |
| 1 | 528674.00 | 2291937.00 | 3 | 528720.00 | 2291851.00 | 5 | 528686.00 | 2291902.00 | ----- | ----- | ----- |
| 2 | 528699.00 | 2291910.00 | 4 | 528706.00 | 2291850.00 | 6 | 528667.00 | 2291932.00 | ----- | ----- | ----- |
| **Unidad Nonoalco Polígono de Agrupación 6K Malila 2** | | | | | | | | | | | |
| **ID** | **X** | **Y** | **ID** | **X** | **Y** | **ID** | **X** | **Y** | **ID** | **X** | **Y** |
| 1 | 528743.00 | 2291917.00 | 4 | 528815.00 | 2292034.00 | 7 | 528977.00 | 2292046.00 | 10 | 528953.00 | 2291991.00 |
| 2 | 528720.00 | 2291979.00 | 5 | 528853.00 | 2292040.00 | 8 | 528992.00 | 2291976.00 | 11 | 528898.00 | 2291984.00 |
| 3 | 528766.00 | 2291996.00 | 6 | 528978.00 | 2292073.00 | 9 | 528979.00 | 2291986.00 | 12 | 528819.00 | 2291955.00 |
| **Unidad Nonoalco Polígono de Agrupación 6L Júpiter** | | | | | | | | | | | |
| **ID** | **X** | **Y** | **ID** | **X** | **Y** | **ID** | **X** | **Y** | **ID** | **X** | **Y** |
| 1 | 528797.00 | 2291505.00 | 10 | 528884.00 | 2291376.00 | 19 | 528607.00 | 2291491.00 | 28 | 528668.00 | 2291535.00 |
| 2 | 528827.00 | 2291472.00 | 11 | 528882.00 | 2291321.00 | 20 | 528613.00 | 2291503.00 | 29 | 528672.00 | 2291538.00 |
| 3 | 528854.00 | 2291459.00 | 12 | 528876.00 | 2291295.00 | 21 | 528616.00 | 2291505.00 | 30 | 528680.00 | 2291547.00 |
| 4 | 528856.00 | 2291452.00 | 13 | 528851.00 | 2291277.00 | 22 | 528621.00 | 2291508.00 | 31 | 528686.00 | 2291553.00 |
| 5 | 528885.00 | 2291427.00 | 14 | 528833.00 | 2291274.00 | 23 | 528628.00 | 2291514.00 | 32 | 528726.00 | 2291590.00 |
| 6 | 528916.00 | 2291416.00 | 15 | 528596.00 | 2291408.00 | 24 | 528635.00 | 2291520.00 | 33 | 528741.00 | 2291554.00 |
| 7 | 528918.00 | 2291407.00 | 16 | 528549.00 | 2291448.00 | 25 | 528643.00 | 2291529.00 | 34 | 528755.00 | 2291521.00 |
| 8 | 528913.00 | 2291406.00 | 17 | 528552.00 | 2291462.00 | 26 | 528656.00 | 2291535.00 | 35 | 528780.00 | 2291515.00 |
| 9 | 528907.00 | 2291392.00 | 18 | 528561.00 | 2291468.00 | 27 | 528662.00 | 2291534.00 | ----- | ----- | ----- |
| **Unidad Nonoalco Polígono de Agrupación 6M Tepeolo** | | | | | | | | | | | |
| **ID** | **X** | **Y** | **ID** | **X** | **Y** | **ID** | **X** | **Y** | **ID** | **X** | **Y** |
| 1 | 529393.00 | 2291596.00 | 16 | 528827.00 | 2291472.00 | 31 | 528998.00 | 2291675.00 | 46 | 529369.00 | 2291753.00 |
| 2 | 529293.00 | 2291568.00 | 17 | 528797.00 | 2291505.00 | 32 | 529025.00 | 2291667.00 | 47 | 529373.00 | 2291762.00 |
| 3 | 529293.00 | 2291558.00 | 18 | 528780.00 | 2291515.00 | 33 | 529051.00 | 2291659.00 | 48 | 529373.00 | 2291768.00 |
| 4 | 529243.00 | 2291490.00 | 19 | 528755.00 | 2291521.00 | 34 | 529100.00 | 2291622.00 | 49 | 529377.00 | 2291771.00 |
| 5 | 529218.00 | 2291490.00 | 20 | 528753.00 | 2291524.00 | 35 | 529115.00 | 2291607.00 | 50 | 529375.00 | 2291780.00 |
| 6 | 529218.00 | 2291471.00 | 21 | 528741.00 | 2291554.00 | 36 | 529194.00 | 2291627.00 | 51 | 529400.00 | 2291769.00 |
| 7 | 529168.00 | 2291470.00 | 22 | 528726.00 | 2291590.00 | 37 | 529239.00 | 2291644.00 | 52 | 529483.00 | 2291767.00 |
| 8 | 529168.00 | 2291458.00 | 23 | 528744.00 | 2291634.00 | 38 | 529283.00 | 2291657.00 | 53 | 529498.00 | 2291777.00 |
| 9 | 528968.00 | 2291458.00 | 24 | 528755.00 | 2291680.00 | 39 | 529292.00 | 2291661.00 | 54 | 529489.00 | 2291744.00 |

| Ubicación de las Unidades Mineras de acuerdo con los polígonos de agrupación Coordenadas UTM (WGS-84, Zona 14N) | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 10 | 528968.00 | 2291433.00 | 25 | 528781.00 | 2291701.00 | 40 | 529316.00 | 2291672.00 | 55 | 529486.00 | 2291722.00 |
| 11 | 528918.00 | 2291433.00 | 26 | 528836.00 | 2291720.00 | 41 | 529322.00 | 2291689.00 | 56 | 529471.00 | 2291701.00 |
| 12 | 528916.00 | 2291416.00 | 27 | 528877.00 | 2291727.00 | 42 | 529385.00 | 2291687.00 | 57 | 529458.00 | 2291693.00 |
| 13 | 528885.00 | 2291427.00 | 28 | 528917.00 | 2291733.00 | 43 | 529382.00 | 2291718.00 | 58 | 529428.00 | 2291641.00 |
| 14 | 528856.00 | 2291452.00 | 29 | 528945.00 | 2291743.00 | 44 | 529383.00 | 2291722.00 | 59 | 529418.00 | 2291624.00 |
| 15 | 528854.00 | 2291459.00 | 30 | 528972.00 | 2291697.00 | 45 | 529378.00 | 2291736.00 | ----- | ----- | ----- |
| **Unidad Nonoalco Polígono de Agrupación 6Ñ Extracción de Óxidos** | | | | | | | | | | | |
| **ID** | **X** | **Y** | **ID** | **X** | **Y** | **ID** | **X** | **Y** | **ID** | **X** | **Y** |
| 1 | 530152.00 | 2291485.00 | 21 | 530014.00 | 2291551.00 | 41 | 530196.00 | 2291558.00 | 61 | 530266.00 | 2291427.00 |
| 2 | 530151.00 | 2291483.00 | 22 | 530024.00 | 2291558.00 | 42 | 530202.00 | 2291550.00 | 62 | 530268.00 | 2291421.00 |
| 3 | 530151.00 | 2291481.00 | 23 | 530039.00 | 2291566.00 | 43 | 530206.00 | 2291543.00 | 63 | 530268.00 | 2291418.00 |
| 4 | 530146.00 | 2291472.00 | 24 | 530071.00 | 2291597.00 | 44 | 530209.00 | 2291538.00 | 64 | 530268.00 | 2291409.00 |
| 5 | 530144.00 | 2291466.00 | 25 | 530081.00 | 2291606.00 | 45 | 530216.00 | 2291531.00 | 65 | 530260.00 | 2291414.00 |
| 6 | 530140.00 | 2291461.00 | 26 | 530097.00 | 2291619.00 | 46 | 530223.00 | 2291522.00 | 66 | 530251.00 | 2291419.00 |
| 7 | 530129.00 | 2291451.00 | 27 | 530110.00 | 2291626.00 | 47 | 530227.00 | 2291519.00 | 67 | 530243.00 | 2291426.00 |
| 8 | 530122.00 | 2291456.00 | 28 | 530118.00 | 2291630.00 | 48 | 530233.00 | 2291518.00 | 68 | 530233.00 | 2291434.00 |
| 9 | 530116.00 | 2291459.00 | 29 | 530127.00 | 2291634.00 | 49 | 530239.00 | 2291514.00 | 69 | 530219.00 | 2291445.00 |
| 10 | 530112.00 | 2291461.00 | 30 | 530140.00 | 2291638.00 | 50 | 530249.00 | 2291511.00 | 70 | 530215.00 | 2291451.00 |
| 11 | 530108.00 | 2291464.00 | 31 | 530149.00 | 2291638.00 | 51 | 530261.00 | 2291513.00 | 71 | 530208.00 | 2291458.00 |
| 12 | 530099.00 | 2291470.00 | 32 | 530158.00 | 2291636.00 | 52 | 530265.00 | 2291512.00 | 72 | 530205.00 | 2291462.00 |
| 13 | 530085.00 | 2291474.00 | 33 | 530164.00 | 2291631.00 | 53 | 530266.00 | 2291502.00 | 73 | 530199.00 | 2291467.00 |
| 14 | 530080.00 | 2291478.00 | 34 | 530173.00 | 2291619.00 | 54 | 530268.00 | 2291494.00 | 74 | 530185.00 | 2291473.00 |
| 15 | 530069.00 | 2291480.00 | 35 | 530177.00 | 2291611.00 | 55 | 530269.00 | 2291486.00 | 75 | 530177.00 | 2291477.00 |
| 16 | 530060.00 | 2291485.00 | 36 | 530180.00 | 2291599.00 | 56 | 530270.00 | 2291474.00 | 76 | 530166.00 | 2291480.00 |
| 17 | 530038.00 | 2291494.00 | 37 | 530183.00 | 2291593.00 | 57 | 530271.00 | 2291458.00 | 77 | 530154.00 | 2291485.00 |
| 18 | 530022.00 | 2291503.00 | 38 | 530183.00 | 2291582.00 | 58 | 530271.00 | 2291448.00 | ----- | ----- | ----- |
| 19 | 530019.00 | 2291507.00 | 39 | 530187.00 | 2291575.00 | 59 | 530267.00 | 2291441.00 | ----- | ----- | ----- |
| 20 | 530003.00 | 2291526.00 | 40 | 530190.00 | 2291566.00 | 60 | 530266.00 | 2291432.00 | ----- | ----- | ----- |
| **Unidad Nonoalco Polígono de Agrupación 6º Sur de la Chorrera** | | | | | | | | | | | |
| **ID** | **X** | **Y** | **ID** | **X** | **Y** | **ID** | **X** | **Y** | **ID** | **X** | **Y** |
| 1 | 530269.00 | 2291365.00 | 14 | 530288.00 | 2291315.00 | 27 | 530144.00 | 2291466.00 | 40 | 530219.00 | 2291445.00 |
| 2 | 530270.00 | 2291351.00 | 15 | 530289.00 | 2291312.00 | 28 | 530146.00 | 2291472.00 | 41 | 530233.00 | 2291434.00 |
| 3 | 530273.00 | 2291343.00 | 16 | 530291.00 | 2291306.00 | 29 | 530151.00 | 2291481.00 | 42 | 530243.00 | 2291426.00 |
| 4 | 530276.00 | 2291339.00 | 17 | 530293.00 | 2291299.00 | 30 | 530151.00 | 2291483.00 | 43 | 530251.00 | 2291419.00 |
| 5 | 530283.00 | 2291336.00 | 18 | 530283.00 | 2291302.00 | 31 | 530152.00 | 2291485.00 | 44 | 530260.00 | 2291414.00 |
| 6 | 530283.00 | 2291335.00 | 19 | 530233.00 | 2291362.00 | 32 | 530154.00 | 2291485.00 | 45 | 530268.00 | 2291409.00 |
| 7 | 530284.00 | 2291330.00 | 20 | 530175.00 | 2291381.00 | 33 | 530166.00 | 2291480.00 | 46 | 530270.00 | 2291408.00 |
| 8 | 530286.00 | 2291323.00 | 21 | 530163.00 | 2291394.00 | 34 | 530177.00 | 2291477.00 | 47 | 530269.00 | 2291396.00 |
| 9 | 530287.00 | 2291322.00 | 22 | 530152.00 | 2291410.00 | 35 | 530185.00 | 2291473.00 | 48 | 530269.00 | 2291386.00 |
| 10 | 530287.00 | 2291320.00 | 23 | 530137.00 | 2291439.00 | 36 | 530199.00 | 2291467.00 | 49 | 530270.00 | 2291370.00 |
| 11 | 530287.00 | 2291319.00 | 24 | 530132.00 | 2291447.00 | 37 | 530205.00 | 2291462.00 | 40 | 530219.00 | 2291445.00 |
| 12 | 530288.00 | 2291317.00 | 25 | 530129.00 | 2291451.00 | 38 | 530208.00 | 2291458.00 | ----- | ----- | ----- |
| 13 | 530288.00 | 2291316.00 | 26 | 530140.00 | 2291461.00 | 39 | 530215.00 | 2291451.00 | ----- | ----- | ----- |

Sin embargo, también incluye **26 polígonos de exploración**, denominados en este documento como **Áreas de Interés de Exploración** (AIE), distribuidas en torno a las unidades Molango, Naopa y Nonoalco (Figura II.17).

Los nombres de las áreas, su clave de identificación, su nivel de prioridad y superficie, se indican en la Tabla II.12

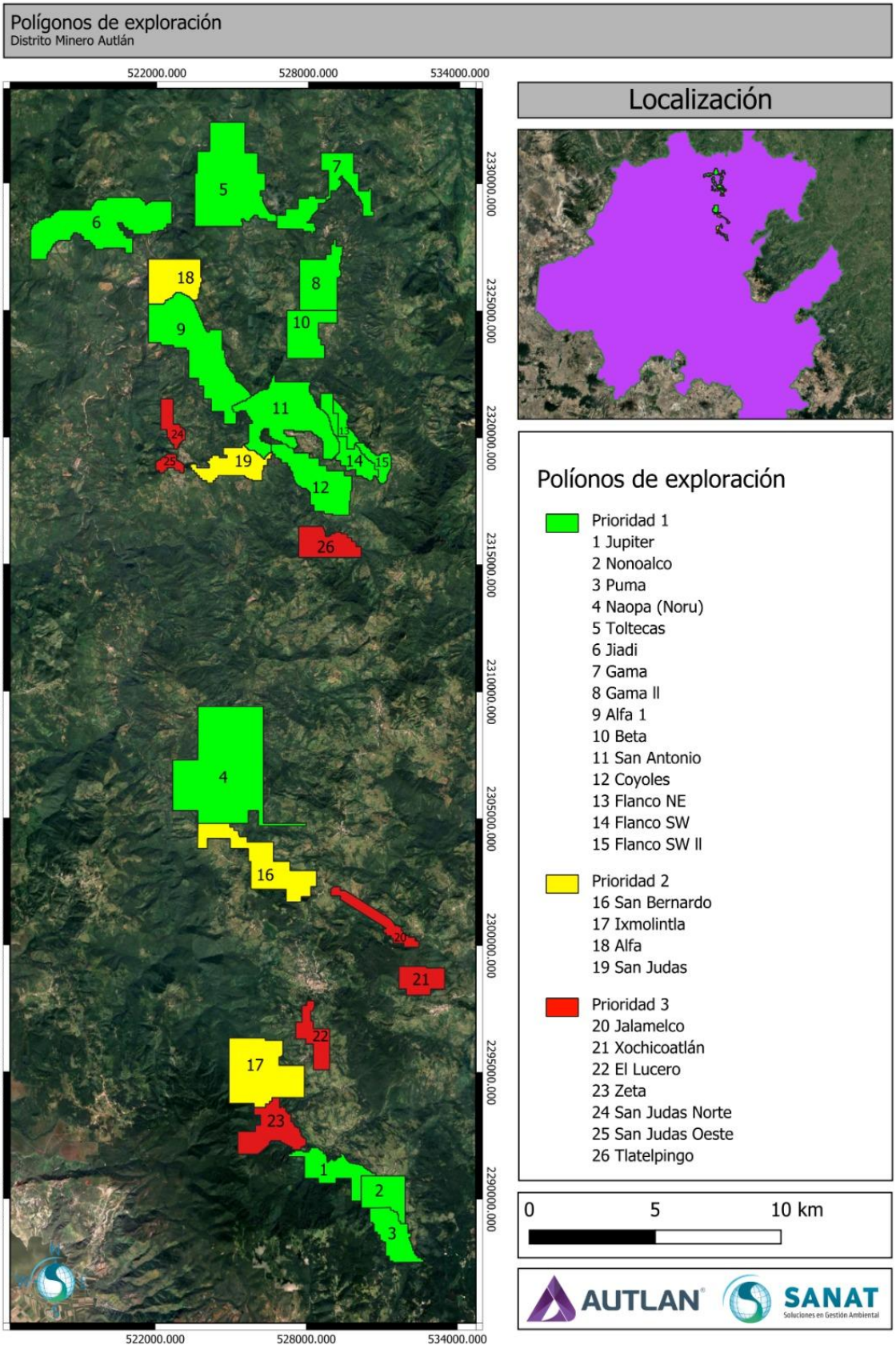



*Figura II.17. Polígonos de las Áreas de Interés de Exploración*

*Tabla II.12. Áreas de Interés de Exploración*

| ID Polígono | Nombre del área | Tipo | Etapa | Nivel de prioridad | Superficie total (ha) |
|---|---|---|---|---|---|
| **PRÓXIMAS A LA UNIDAD MOLANGO (ZONA NORTE)** | | | | | |
| 6 | Jiadi | Nueva-AIE | P-O-C | Prioridad 1 | 798.7393 |
| 5 | Toltecas | Nueva-AIE | P-O-C | Prioridad 1 | 931.3387 |
| 7 | Gama | Nueva-AIE | P-O-C | Prioridad 1 | 373.2852 |
| 8 | Gama II | Nueva-AIE | P-O-C | Prioridad 1 | 339.5269 |
| 9 | Alfa 1 | Nueva-AIE | P-O-C | Prioridad 1 | 838.0995 |
| 10 | Beta | Nueva-AIE | P-O-C | Prioridad 1 | 290.7414 |
| 11 | San Antonino | Nueva-AIE | P-O-C | Prioridad 1 | 718.5000 |
| 14 | Flanco SW | Nueva-AIE | P-O-C | Prioridad 1 | 202.5000 |
| 15 | Flanco SW II | Nueva-AIE | P-O-C | Prioridad 1 | 88.3363 |
| 13 | Flanco NE | Nueva-AIE | P-O-C | Prioridad 1 | 78.9540 |
| 12 | Coyoles | Nueva-AIE | P-O-C | Prioridad 1 | 432.7500 |
| 18 | Alfa | Nueva-AIE | P-O-C | Prioridad 2 | 327.0161 |
| 19 | San Judas | Nueva-AIE | P-O-C | Prioridad 2 | 263.2500 |
| 24 | San Judas norte | Nueva-AIE | P-O-C | Prioridad 3 | 106.7501 |
| 15 | San Judas oeste | Nueva-AIE | P-O-C | Prioridad 3 | 55.6972 |
| 26 | Tlatelpingo | Nueva-AIE | P-O-C | Prioridad 3 | 242.6857 |
| | | | | **Subtotal** | **6,088.1704** |
| **PRÓXIMAS A LA UNIDAD NAOPA (ZONA CENTRO)** | | | | | |
| 4 | Naopa NW (Noru) | Nueva-AIE | P-O-C | Prioridad 1 | 1396.0754 |
| 16 | San Bernardo | Nueva-AIE | P-O-C | Prioridad 2 | 498.7603 |
| | | | | **Subtotal** | **1,894.8357** |
| **PRÓXIMAS A LA UNIDAD NONOALCO (ZONAS CENTRO Y SUR)** | | | | | |
| 1 | Júpiter | Nueva-AIE | P-O-C | Prioridad 1 | 272.4644 |
| 2 | Nonoalco | Nueva-AIE | P-O-C | Prioridad 1 | 241.1762 |
| 3 | Puma | Nueva-AIE | P-O-C | Prioridad 1 | 251.5859 |
| 17 | Ixmolintla | Nueva-AIE | P-O-C | Prioridad 2 | 646.9599 |
| 20 | Jalamelco | Nueva-AIE | P-O-C | Prioridad 3 | 170.3382 |
| 21 | Xochicoatlán | Nueva-AIE | P-O-C | Prioridad 3 | 182.8093 |
| 22 | El Lucero | Nueva-AIE | P-O-C | Prioridad 3 | 189.2060 |
| 23 | Zeta | Nueva-AIE | P-O-C | Prioridad 3 | 324.3387 |
| | | | | **Subtotal** | **2,278.8786** |
| | | | | **Total** | **10,261.8847** |

Notas: P: Preparación del sitio y Construcción
O: Operación y mantenimiento
C: Cierre

Como se aprecia en la tabla anterior, **la superficie de las AIE totaliza 10,261.8847 ha**, que es el área en donde se realizarán actividades de exploración. Como ya se mencionó, en los **Anexos II.5** y **II.6** de este documento se incluyen los archivos csv, kml y Shapefiles de la AIE.

### II.2.2.1. Análisis de Superficies

Como ya ha sido mencionado, el **proyecto DMA** se integra por áreas que operan desde antes de la promulgación de la LGEEPA (previas a la LGEEPA), áreas autorizadas en materia de impacto ambiental, áreas nuevas que se proponen y áreas de interés de exploración (Figura II.18). El desglose de esas áreas se muestra en la Tabla II.13.

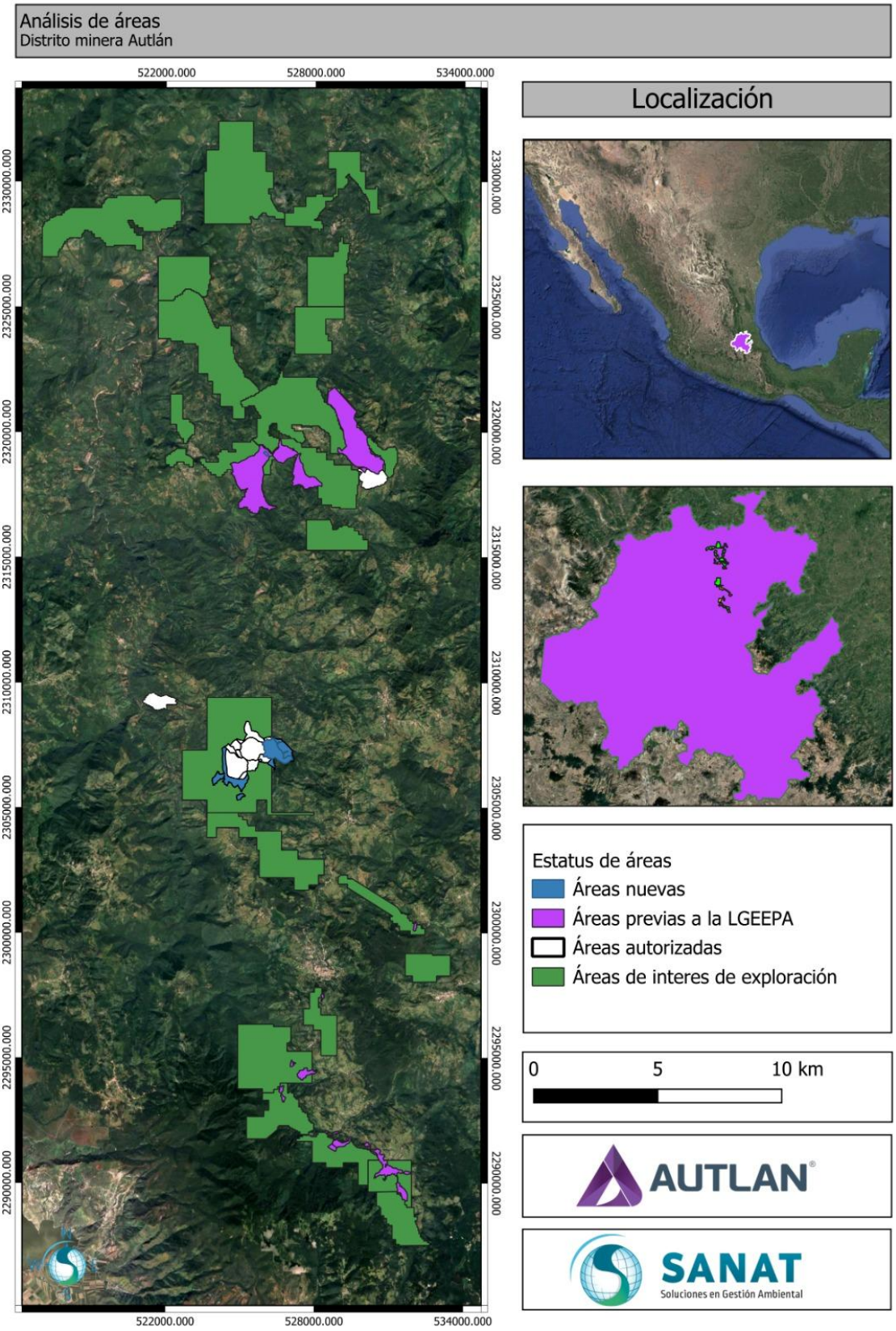



*Figura II.18. Clasificación de áreas del proyecto por su estatus de regulación*

Como se aprecia en la figura anterior, algunas de las Áreas de Interés de Exploración se sobreponen con zonas operativas y verdes de las tres unidades, por lo que, para determinar inequívocamente la superficie efectiva del proyecto, sin una sobreestimación espacial, resulta imprescindible hacer la distinción y análisis de estas superficies.

Este análisis, que se expone en la Tabla II.13, permitirá también comprender el concepto de *Áreas de Interés de Exploración* ***sin traslapes***, como concepto de cálculo para le superficie total del proyecto.

*Tabla II.13. Análisis de superficies de las Áreas de Interés de Exploración*

| ID | Nombre del área | A. Superficie total del polígono (ha) | B. Superficie de traslape en áreas operativas (ha) | C. Superficie de traslape en Áreas Verdes (ha) | Superficie sin traslape (ha) [A – B – C] |
|---|---|---|---|---|---|
| **PRÓXIMAS A LA UNIDAD MOLANGO (ZONA NORTE)** | | | | | |
| 6 | Jiadi | 798.7393 | | | 798.7393 |
| 5 | Toltecas | 931.3387 | | | 931.3387 |
| 7 | Gama | 373.2852 | | | 373.2852 |
| 8 | Gama II | 339.5269 | | | 339.5269 |
| 9 | Alfa 1 | 838.0995 | | | 838.0995 |
| 10 | Beta | 290.7414 | | | 290.7414 |
| 11 | San Antonino | 718.5000 | 7.5930 | | 710.9070 |
| 14 | Flanco SW | 202.5000 | 191.2144 | | 11.2856 |
| 15 | Flanco SW II | 88.3363 | 7.5882 | | 80.7481 |
| 13 | Flanco NE | 78.9540 | 74.2962 | | 4.6578 |
| 12 | Coyoles | 432.7500 | 24.2711 | 20.8471 | 387.6318 |
| 18 | Alfa | 327.0161 | | | 327.0161 |
| 19 | San Judas | 263.2500 | 82.3279 | 8.1789 | 172.7432 |
| 24 | San Judas norte | 106.7501 | | | 106.7501 |
| 25 | San Judas oeste | 55.6972 | | | 55.6972 |
| 26 | Tlatelpingo | 242.6857 | | | 242.6857 |
| **PRÓXIMAS A LA UNIDAD NAOPA (ZONA CENTRO)** | | | | | |
| 4 | Naopa NW (Noru) | 1396.0754 | 219.9534 | 103.2501 | 1072.8719 |
| 16 | San Bernardo | 498.7603 | | | 498.7603 |
| **PRÓXIMAS A LA UNIDAD NONOALCO (ZONAS CENTRO Y SUR)** | | | | | |
| 1 | Júpiter | 272.4644 | 15.3552 | 0.5279 | 256.5813 |
| 2 | Nonoalco | 241.1762 | 42.1294 | 9.4394 | 189.6074 |
| 3 | Puma | 251.5859 | 1.2527 | | 250.3332 |
| 17 | Ixmolintla | 646.9599 | 18.7052 | | 628.2547 |
| 20 | Jalamelco | 170.3382 | 2.7851 | | 167.5531 |
| 21 | Xochicoatlán | 182.8093 | | | 182.8093 |
| 22 | El Lucero | 189.2060 | 0.0731 | | 189.1329 |
| 23 | Zeta | 324.3387 | 6.7691 | | 317.5696 |
| | **Totales** | **10,261.8847** | **694.3140** | **142.2434** | **9,425.3273** |
| | | | **836.5574** | | |

**La superficie total de los 26 polígonos de las AIE es de 10,261.8847 ha y corresponde a la superficie en donde se realizarán las actividades de exploración.**

No obstante, teniendo en cuenta la existencia de traslapes de las AIE, se tiene que las actividades de exploración incidirán en 836.5574 ha de sitios operativos y áreas verdes (Áreas de Interés de Exploración con traslapes), y en 9,425.3273 ha de terreno que carecen de obras mineras o de apoyo (Áreas de Interés de Exploración sin traslapes), siendo este último valor (9,425.3273 ha) el que se utiliza para cuantificar la superficie total de incidencia del proyecto (Tabla II.14).

*Tabla II.14. Concentrado de superficies de las Áreas de Interés de Exploración*

| | Tipo de AIE | | |
|---|---|---|---|
| | Sin traslapes | Con traslapes | Total AIE |
| Superficie (ha) | 9,425.3273 | 836.5574 | 10,261.8847 |

Así, se tiene que, considerando la existencia de sobrelapamiento de algunas Áreas de Interés de Exploración en porciones de las tres unidades y algunas áreas verdes, **la superficie total de incidencia territorial del proyecto comprende 10,716.7262 ha.**

Con base en el análisis expuesto en las tablas anteriores, y teniendo en cuenta los valores de las áreas de ocupación de cada unidad minera indicados en la Tabla II.8, así como las AIE previstas, la superficie total del proyecto se distribuye como se indica en la Tabla II.15.

*Tabla II.15. Distribución de las superficies del proyecto DMA por*

| Superficie total (Molango+Naopa+Nonoalco+ AIE sin traslapes) | Molango | Naopa | Nonoalco | AIE | Total |
|---|---|---|---|---|---|
| | 717.0705 | 450.4533 | 123.8751 | 9,425.3273 | 10,716.7262 |
| | 1,291.3989 | | | | |

Es relevante indicar que debido a las características del proyecto DMA, que integra obras y áreas antiguas, así como algunas ya autorizadas, **de las 10,716.7262 ha que conforman la superficie total del proyecto, sólo 95.465753 ha requerirán Cambio de Uso de Suelo de Terrenos Forestales, de los cuales 57.5067 ha corresponde a la superficie para las obras de exploración y 37.959 ha a la superficie para el desarrollo de la Tepetatera Guadalupe**, debido a que albergan vegetación de Bosque Mesófilo de Montaña y vegetación secundaria arbustiva de Bosque Mesófilo de Montaña. La solicitud de autorización correspondiente será presentada ante la autoridad competente.

En este orden de ideas, en la Tabla II.16 se muestra el resumen de las superficies, nuevas, previas a la LGEEPA, autorizadas y de Interés de Exploración que integran el proyecto **Distrito Minero Autlán**.

*Tabla II.16. Análisis de superficies del Proyecto Distrito Minero Autlán por su estatus de regulación*

| Áreas | | Superficie (ha) |
|---|---|---|
| Áreas nuevas | • Tepetatera Guadalupe | 57.1953 |
| | • Relleno Sanitario | 2.0000 |
| | • Áreas Verdes | 85.7780 |
| | **Subtotal** | **144.9733** |
| Áreas previas a la LGEEPA | | **773.6699** |
| Áreas autorizadas (MIA, Modificaciones y DTU) | • Tajo Naopa y tepetatera Norte | 79.5574 |
| | • Mod Tajo Naopa | 168.1814 |
| | • Área de conservación 1 Ocotal | 59.7412 |
| | • Tajo Acuatitla (Tajo, caminos, bocaminas, etc.,<br>• Proyecto Stainert autorizado dentro de esta misma área de Acuatitla | 65.2757 |
| | **Subtotal** | **372.7557** |
| Áreas de interés de exploración | | **9,425.3273** |
| | **Total** | **10,716.7262** |

### II.2.2.2. Unidad Molango

La Unidad Molango se sitúa al norte de la Unidad Naopa, a aproximadamente 220 kilómetros de distancia de Pachuca, en los municipios de Lolotla, Molango de Escamilla, Tepehuacán de Guerrero y Tlanchinol, estado de Hidalgo.

Inició operaciones en 1960. En el pasado realizó explotación a cielo abierto en los tajos San Fernando (17.5002 ha), Los Naranjos (0.5313 ha) y Comextetitla (14.081 ha), ya inactivos. Actualmente se realizan operaciones de explotación subterránea en las minas Tampoch, Coyoles, Comextetitla (812 msnm), Mina 900, Mina 1000 y Mina 810, así como procesamiento del mineral de manganeso en la planta de beneficio (nodulización), inaugurada en 1968.

Como se muestra en la tabla anterior, en la unidad existen diversas obras e instalaciones mineras: áreas de servicios, áreas de depósito, vivero, áreas verdes, áreas de evaluación geológica, campamento, estacionamientos, área de servicios administrativos, almacenes, comedores, almacén de residuos, bodegas, patios, depósitos, subestación eléctrica, subestación de diésel, área de depósito y reabastecimiento de combustible, tuberías de gas, tanque de agua, casa de fuerza, polvorines, áreas de maniobras, talleres, laboratorios, perifiltro, instalaciones CCUM, canchas de futbol, cancha de tenis, zona habitacional, planta de tratamiento de aguas residuales, tubería de agua y bombas, casas de sacos y colectores de polvo, concretera, caminos y casetas.

Las obras de apoyo a la mina subterránea incluyen infraestructura de servicios de agua, aire comprimido y energía para el minado subterráneo, contra pozos, bocaminas, accesos y robbins.

También existe una antigua planta P.M.P. (Planta de Medio Pesado) y una antigua báscula

Todas las obras y áreas de la Unidad Molango se concentran en cuatro **Polígonos de Agrupación** (Figura II.19).

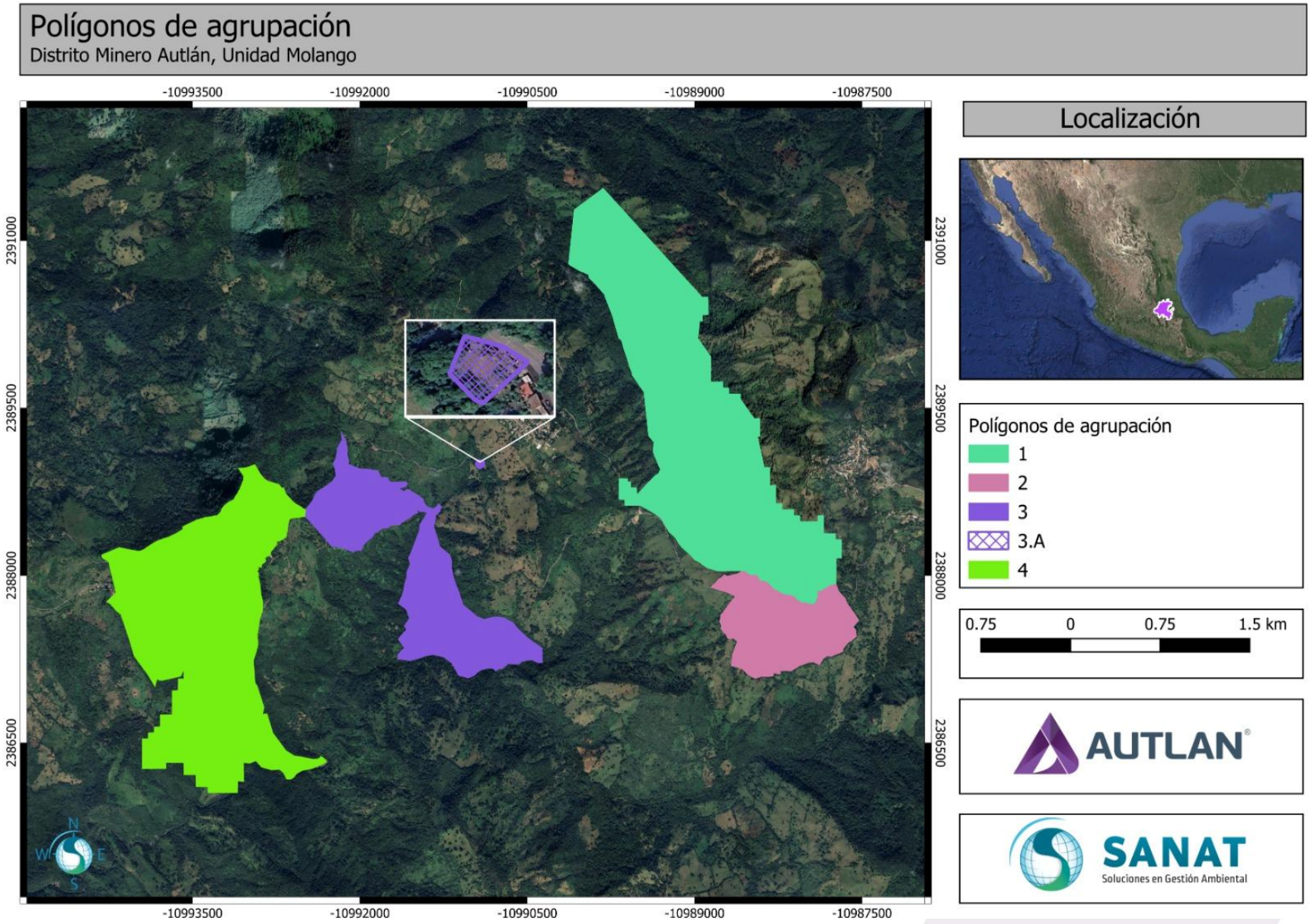



*Figura II.19. Polígonos de agrupación - Unidad Molango*

#### II.2.2.2.1. Zona Comextetitla

Corresponde al **Polígono de Agrupación 1** (Figura II.20). Se integra por diversas obras y áreas que se denominan "Minado Comextetitla" y cubren una extensión de 283.7026 hectáreas. Algunas áreas, ya en desuso, iniciaron operaciones en 1960. El polígono se extiende en terrenos sujetos a Convenios de Ocupación Temporal, en los cuales se desarrollaron las primeras actividades de explotación a cielo abierto de la Compañía Minera Autlán: Tajo San Fernando, de 17.5002 ha; Tajo Los Naranjos, de 0.5313 ha, y Tajo Comextetitla, de 14.081 ha.

Como consecuencia de esas actividades se crearon áreas de depósito, denominadas tiraderos o vaciaderos, que ocupan una superficie total de 29.5774 ha; asimismo, se tiene el área denominada "Área de extracción y Depósito", con 14.8992 ha de superficie; y el área "Antigua planta P.M.P.", con 7.2913 ha, que hoy se usa como almacén temporal de residuos peligrosos.

Toda el área cuenta con accesos, que suman un total de 0.3456 ha, así como Robbins, que ocupan un total de 1.2994 ha; todo conectado por distintas redes de caminos, que suman 30.0069 ha.

A continuación, se describen las obras y áreas que integran este Polígono de Agrupación, asociándolas con la numeración que las identifica en el mapa de referencia.

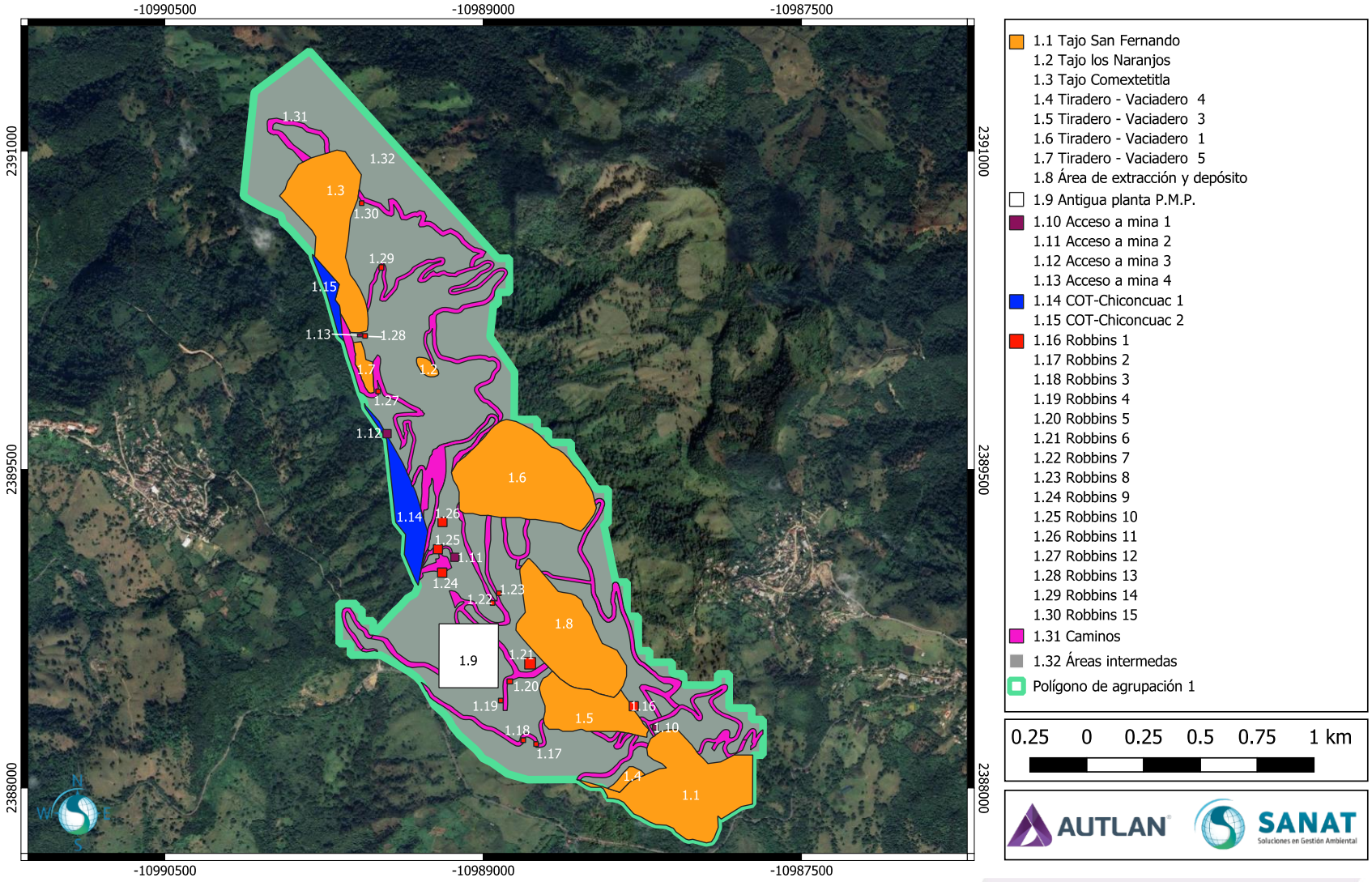



*Figura II.20. Zona Comextetitla (Polígono de Agrupación 1) – Unidad Molango*

### Tajos antiguos

Existen seis áreas de tajos antiguos, en donde se realizó explotación a cielo abierto en los años 80: Tajo San Fernando Fase I y II, Tajo Los Naranjos, Tajo Comextetitla, Tajo Tetzintla y Tajo La Cueva (Tabla II.17).

*Tabla II.17. Tajos antiguos de la Unidad Molango*

| Nombre | No. de Área | Superficie (ha) |
|---|---|---|
| Tajo San Fernando Fase I | 1.1 | 2.8000 |
| Tajo San Fernando Fase II | 1.1 | 14.7000 |
| Tajo Los Naranjos | 1.2 | 0.5313 |
| Tajo Comextetitla | 1.3 | 14.0810 |
| Tajo Tetzintla | 1.8 | 14.8992 |
| Tajo La Cueva | 1.8 | |
| | **Total** | **47.0115** |

Con el tiempo transcurrido desde que cesó su explotación, las áreas se aprecian actualmente como zonas perturbadas por la extracción y con depósitos de tepetate (tepetateras o tiraderos).

- **Tajo San Fernando Fase I y II (Área 1.1)**

Cubren la superficie de 17.5002 ha, incluyendo accesos y zona de explotación. La Fase I del tajo es un área de 2.80 ha, mientras que la Fase II se extiende en 14.70 ha.

En la época de su explotación se empleaban perforaciones y fragmentación de la roca con explosivos o con maquinaria pesada. El mineral se extraía en grandes cantidades y se transportaba hasta la planta de procesamiento.

- **Tajo Los Naranjos (Área 1.2)**

Ocupa 0.5313 ha de superficie.

- **Tajo Comextetitla (Área 1.3)**

El área tiene 14.081 ha y se asienta en terrenos del Convenio de Ocupación Temporal Chiconcuac Además de la antigua zona de explotación, incluye dos vaciaderos (tepetateras), denominados Tiradero 6 y Tiradero 7; así como la Entrada 812.

Fue uno de los primeros tajos de explotación. Sin embargo, las actividades de explotación eran rudimentarias, lo que impedía alcanzar las reservas de la manera en que se hace actualmente.

Debido a esto, la extracción fue muy superficial, logrando únicamente un banco de 10 metros de altura por nivel. Cuando la explotación en esta zona cesó, se decidió habilitar el acceso a la bocamina 812, que en su momento fue clave para el funcionamiento de la planta de beneficio.

Actualmente, esta bocamina se encuentra temporalmente inactiva, pero se prevé que reactive sus operaciones, por lo que debe considerarse parte integral de la Unidad Molango. Los vaciaderos existentes en este polígono serán restaurados en la etapa de cierre.

- **Tajo Tetzintla y Tajo La Cueva (Área 1.8)**

Se ubican en el Área 1.8, identificada en el mapa como Área de extracción y depósito. Se trata de dos antiguas áreas de extracción a cielo abierto, que ocupan un polígono de 14.8992 ha. El Tajo La Cueva fue explotado en solamente dos bancos de diez metros.

En conjunto, las cinco áreas de los tajos cubren 47.0115 hectáreas. En la actualidad, toda esta superficie está siendo evaluada geológicamente, con el propósito de determinar su uso potencial o su transición a la restauración.

El tepetate disponible en las tepetateras o vaciaderos constituye una fuente de material para el relleno de la mina subterránea.

Eventualmente, las áreas de depósito serán restauradas, ya sea mediante la aplicación de cubierta de suelo orgánico, malla de coco u otras técnicas de rehabilitación. Posteriormente, se procederá con su etapa de cierre, cuando la evaluación geológica del sitio se concluya.

Como se indica, en algunos de los tajos descritos anteriormente, se han realizado actividades de restauración progresiva. No obstante, la compañía aún evalúa su potencial, a efecto de determinar la pertinencia de su cierre definitivo.

### Tiraderos – Vaciaderos (Áreas 1.4 a 1.7)

Existen cuatro vaciaderos activos que reciben el tepetate proveniente de la mina subterránea Coyoles y de mina Comextetitla, mediante acarreo en camiones con capacidad de 25 a 30 toneladas. Estos depósitos reciben al día 3,000 t de mineral y ocupan en conjunto 29.5764 ha de superficie (Tabla II.18).

El material proveniente de Coyoles, que posee un tamaño menor de hasta 4”, es descargado en el **Vaciadero 1** **(Área 1.6)**, que posee 19.9 ha de superficie, y el **Vaciadero 5** **(Área 1.7)**, con 1.1115 ha.

El tepetate de la mina Comextetitla se deposita con un tamaño mayor a 4” y es recibido en el **Vaciadero 3** **(Área 1.5)**, de 7.8464 ha, y el **Vaciadero 4** **(Área 1.4)**, que posee 0.7195 ha de superficie.

*Tabla II.18. Vaciaderos de la Unidad Molango*

| Nombre | No. de Área | Superficie (ha) |
|---|---|---|
| Vaciadero 1 | 1.6 | 19.9000 |
| Vaciadero 3 | 1.5 | 7.8464 |
| Vaciadero 4 | 1.4 | 0.7185 |
| Vaciadero 5 | 1.7 | 1.1115 |
| | **Total** | **29.5764** |

### Antigua Planta P.M.P. (Área 1.9)

Este polígono corresponde a la Planta de Medio Pesado (PMP); se trata de instalaciones antiguas, hoy en desuso, que se utilizaban para el beneficio del mineral por el método de flotación.

Es un polígono de 7.2913 ha, en donde existe una entrada (Rampa P.M.P.), oficinas, el antiguo taller del tajo, talleres de mantenimiento y una pileta. Esta infraestructura ya no se utiliza. Los equipos de la planta en mejores condiciones fueron optimizados e instalados en la Unidad Molango.

El espacio fue optimizado y existe hoy día un almacén temporal de residuos peligrosos que se utiliza en las operaciones actuales.

### Accesos a mina (Áreas 1.10 a 1.13)

En la Zona Chipoco existen cuatro accesos a la mina subterránea (Tabla II.19).

*Tabla II.19. Accesos a mina subterránea - Unidad Molango*

| Nombre | No. de Área | Superficie (ha) |
|---|---|---|
| Acceso a Mina 1 | 1.10 | 0.0570 |
| Acceso a Mina 2 | 1.11 | 0.1288 |
| Acceso a Mina 3 | 1.12 | 0.1288 |
| Acceso a Mina 4 | 1.13 | 0.0310 |
| | **Total** | **0.3456** |

## Robbins (Áreas 1.16 a 1.30)

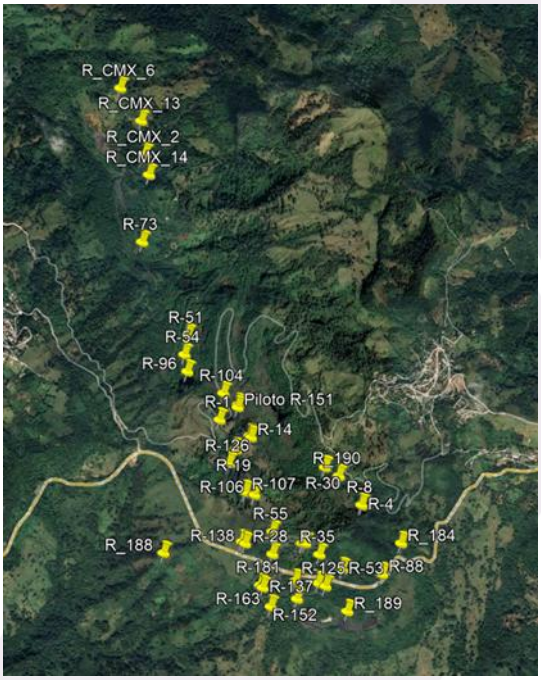
Los robbins son contrapozos de la mina subterránea que cubren múltiples funciones: ventilación, vertido de tepetate, y aporte de servicios, como energía eléctrica y otros que sean necesarios.

Se cuenta con 15 Robbins con estructura de material colado, con una sección de 2 X 2 m que se localizan en la zona de Chipoco distribuidos sobre la red de túneles de la mina (Tabla II.8) y 30 Robbins rimados o circulares, de 0.3, 1.8 y 2.4 m de diámetro algunos de ellos fuera de operación como se indica en la Tabla II.20. Los Robbins poseen ángulos que varían desde 60 ° hasta la vertical, de acuerdo con las necesidades y la longitud requerida.

En la tabla II.20 se muestra el listado de Robbins con sus características particulares, incluyendo los Robbins que cuentan con plataforma que se señalaron en la Tabla II.8.

*Tabla II.20. Superficie y localización de Robbins de la Unidad Molango*

| C/p no. | Elevación superficie | Elevación interior mina | Rango de distancia vertical | Diá-metro | Operación | Finalidad | Condición |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| R-73 | 874.70 | 816.40 | 58.30 | 1.8 | Rimado | Ventilación | Abierto |
| R-51 | 1,033.44 | 939.00 | 94.44 | 1.8 | Rimado | Servicios | Abierto |
| R-54 | 1,034.52 | 939.50 | 95.02 | 1.8 | Rimado | Servicios | Abierto |
| R-96 | 1,043.00 | 929.33 | 113.67 | 1.8 | Rimado | Tepetatero | Abierto |
| R-151 | 1,117.00 | 1,100.00 | 17.00 | 0.3 | Piloto | Energía eléctrica | Activo |
| R-104 | 1,100.28 | 803.00 | 297.28 | 1.8 | Rimado | Tepetatero | Abierto |
| R-1 | 1,138.80 | 1,027.40 | 111.40 | 1.8 | Rimado | Ventilación | Cerrado |
| R-11 | 1,110.65 | 1,031.50 | 79.15 | 1.8 | Rimado | Ventilación | Cerrado |
| R-14 | 1,108.00 | 1,030.50 | 77.50 | 1.8 | Rimado | Ventilación | Cerrado |
| R-18 | 1,167.40 | 1,045.10 | 122.30 | 1.8 | Rimado | Servicios | Cerrado |
| R-19 | 1,167.40 | 945.00 | 222.40 | 1.8 | Rimado | Ventilación | Cerrado |
| R-126 | 1,175.26 | 832.30 | 342.96 | 2.4 | Rimado | Ventilación | Abierto |
| R-30 | 1,245.00 | 1,055.00 | 190.00 | 1.8 | Rimado | Ventilación | Cerrado |
| R-8 | 1,356.00 | 1,117.50 | 238.50 | 1.8 | Rimado | Servicios | Cerrado |
| R-4 | 1,356.00 | 1,117.50 | 238.50 | 1.8 | Rimado | Ventilación | Tapado |
| R-107 | 1,234.61 | 930.48 | 304.14 | 1.8 | Rimado | Energía eléctrica | Activo |
| R-106 | 1,241.61 | 942.98 | 298.63 | 1.8 | Rimado | Tepetatero | Abierto |
| R-55 | 1,301.50 | 1,040.00 | 261.50 | 1.8 | Rimado | Tepetatero | Abierto |
| R-166 | 1,249.93 | 954.40 | 295.53 | 0.3 | Piloto | Servicios | Abierto |
| R-136 | 1,248.36 | 739.64 | 508.73 | 1.8 | Rimado | Ventilación | Activo |
| R-138 | 1,248.36 | 742.11 | 506.25 | 0.3 | Piloto | Energía eléctrica | Activo |
| R-28 | 1,261.55 | 1,040.29 | 221.25 | 1.8 | Rimado | Servicios | Abierto |
| R-63 | 1,318.15 | 1,084.50 | 233.65 | 1.8 | Rimado | Tepetatero | Cerrado |
| R-56 | 1,317.86 | 1,039.43 | 278.44 | 1.8 | Rimado | Tepetatero | Cerrado |
| R-33 | 1,317.75 | 1,040.00 | 277.75 | 1.8 | Rimado | Tepetatero | Cerrado |
| R-35 | 1,322.00 | 1,043.00 | 279.00 | 1.8 | Rimado | Ventilación | Abierto |



| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| R-53 | 1,283.50 | 1,041.80 | 241.70 | 1.8 | Rimado | Energía eléctrica | Activo |
| R-181 | 1,209.19 | 892.00 | 317.19 | 1.8 | Rimado | Ventilación | Activo |
| R-137 | 1,211.91 | 768.69 | 443.23 | 1.8 | Rimado | Ventilación | Abierto |
| R-163 | 1,182.13 | 843.50 | 338.63 | 1.8 | Rimado | Ventilación | Abierto |
| R-152 | 1,165.84 | 995.63 | 170.20 | 1.8 | Rimado | Ventilación | Abierto |
| R-134 | 1,234.67 | 885.52 | 349.15 | 2.4 | Rimado | Tepetatero | Abierto |
| R-116 | 1,220.80 | 1,049.00 | 171.80 | 2.4 | Rimado | Servicios | Cerrado |
| R-125 | 1,215.85 | 975.95 | 239.90 | 2.4 | Rimado | Ventilación | Cerrado |
| R-88 | 1,297.63 | 1,183.00 | 114.63 | 1.8 | Rimado | Ventilación | Activo |
| R-cmx_2 | 875.75 | 781.60 | 94.15 | 0.3 | Piloto | Energía eléctrica | Activo |
| R-cmx_3 | 875.30 | 781.07 | 94.22 | 2.4 | Rimado | Ventilación | Activo |
| R-CMX_6 | 922.57 | 796.00 | 126.57 | 2.4 | Rimado | Ventilación | Activos |
| R-184 | 1,329.29 | 1,265.35 | 63.94 | 2.4 | Rimado | Ventilación | Activos |
| R-185 | 1,289.86 | 1,168.11 | 121.75 | 2.4 | Rimado | Ventilación | Activos |
| R-CMX_13 | 941.67 | 722.30 | 219.37 | 2.4 | Rimado | Ventilación | Activos |
| R_CMX_14 | 903.33 | 795.80 | 107.53 | 2.4 | Rimado | Ventilación | Activos |
| R_188 | 1,131.64 | 717.26 | 414.37 | 2.4 | Rimado | Ventilación | Activos |
| R_189 | 1,196.36 | 854.70 | 341.66 | 2.4 | Rimado | Ventilación | Activos |
| R_190 | 1,292.00 | 1,167.88 | 124.12 | 2.4 | Rimado | Ventilación | Activos |

En la Figura II.21 se muestra el modelo de proyección de los Contrapozos Robbins.

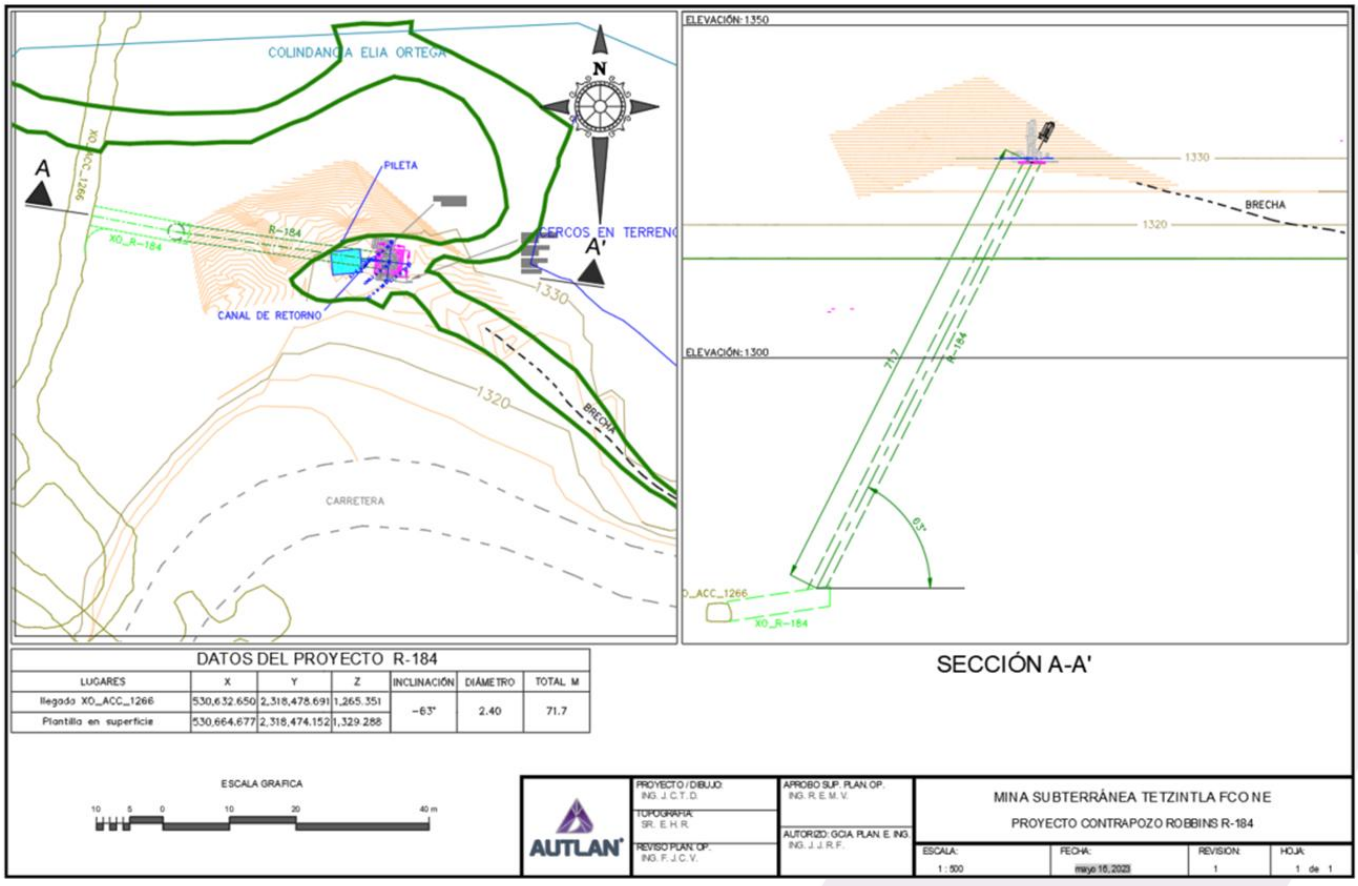



*Figura II.21. Modelo de Proyección de Contrapozo Robbin*

Para la instalación de los robbins se requirió de un área de planilla de 75 m² como se muestra en la Figura II.22, así como un área de protección, en superficie, como se muestra en la Figura II.23.

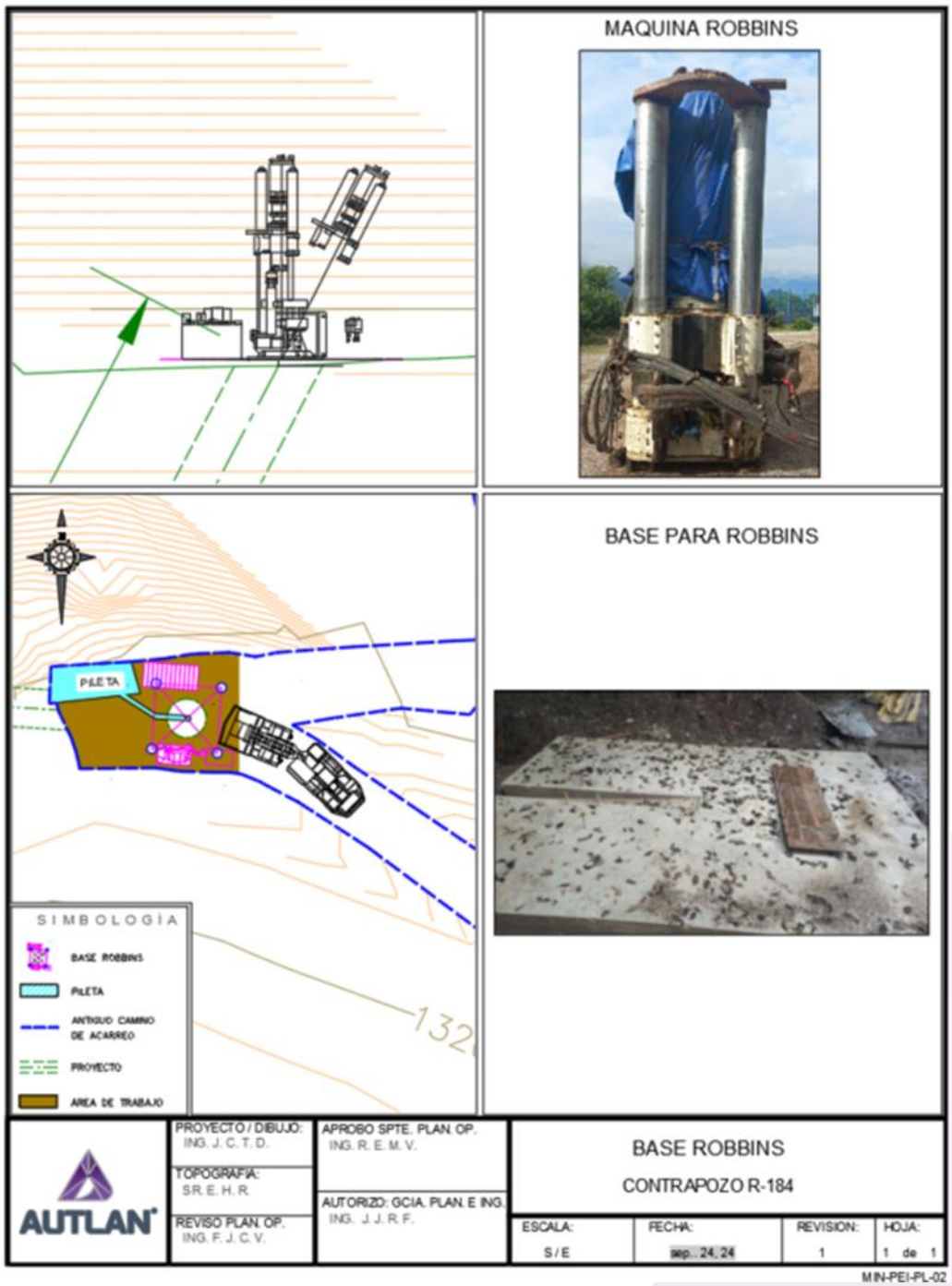



*Figura II.22. Base para Robbins*



*Figura II.23. Protecciones de Robbins*

En el **Anexo II.8** se muestra información a detalle de la instalación de robbins

### Caminos (Área 1.31)

Todas las áreas y obras de la Zona Chipoco se encuentra interconectada por una red de caminos de terracería, con anchos variables entre los 10 y 30 metros, que ocupa en su totalidad 30.0069 ha. Estas vías comunican las áreas operativas y antiguas del polígono de agrupación.

### Áreas intermedias (Área 1.32)

Como su nombre lo indica, se trata de un polígono de 161.7012 ha de terreno, libre de obras mineras, sobre el terreno de la mina subterránea. En esta área se encuentra embebida la red de caminos de intercomunicación de la Zona Comextetitla.

Se mantiene como una zona de amortiguamiento entre las antiguas áreas de extracción y los depósitos de tepetate. La red de caminos (Área 1.31) comunica dichas áreas y da acceso a los contrapozos de ventilación y entradas a la mina subterránea.

Eventualmente, en caso necesario, podrá albergar algún uso diferente, de acuerdo con las necesidades de las operaciones.

#### II.2.2.2.2. Zona Acuatitla

Esta zona se encuentra en operaciones desde el año 1980 y corresponde al denominado Tajo Acuatitla, autorizado en 1997 en un área conocida localmente como La Isla, donde se explotaban óxidos de manganeso; actualmente este tajo ya no está sujeto a explotación, pero alberga las obras mineras y de apoyo que se identifican en el mapa como áreas 2.2 a 2.20.

Todas las obras y áreas de esta zona configuran el **Polígono de Agrupación 2** (Figura II.24).

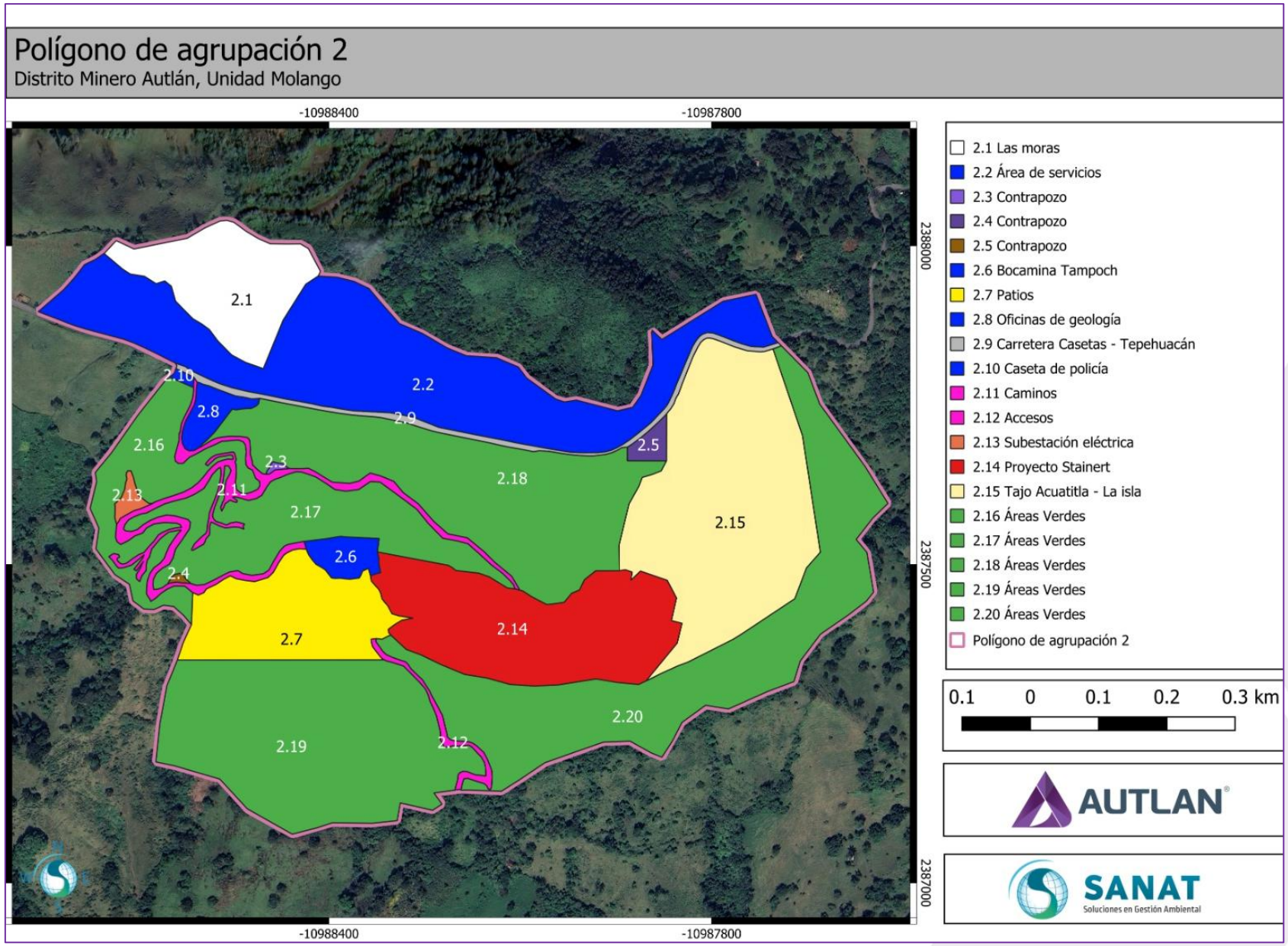



*Figura II.24. Zona Acuatitla (Polígono de Agrupación 2) – Unidad Molango*

### Las Moras (Área 2.1)

El polígono Las Moras, de 3.2817 ha de superficie, posee obras de apoyo a la mina subterránea: un contrapozo, accesos y un depósito de tepetate (Vaciadero 4) que se extiende hacia el Área 2.2.

### Área de servicios (Área 2.2)

Próxima a Las Moras se cuenta con un área de servicio de 10.1644 ha de superficie, que alberga accesos, un depósito de tepetate, contrapozos de ventilación y algunos caminos internos antiguos.

### Contrapozos (2.1, 2.3, 2.4 y 2.5)

En la Zona Acuatitla existen cuatro contrapozos (robbins) que forman parte de las **Áreas 2.1, 2.3, 2.4 y 2.5**. La superficie de cada uno es menor a los 300 $m^2$. La función de estas estructuras consiste en proveer ventilación natural al interior de la mina por seguridad laboral para los trabajadores. Son rimados y tienen dimensiones de 1.80 m x 2.0 m. En profundidad alcanzan niveles de bajo de 600 a 700 metros lineales desde el nivel del suelo.

### Bocamina Tampoch (Área 2.6)

La Bocamina Tampoch es uno de los socavones activos de la mina subterránea. Se sitúa en un polígono de 0.53 ha, en donde además del acceso, se cuenta con instalaciones de servicio al minado subterráneo:

- Talleres de mantenimiento.
- Bodegas y almacenes de materiales.
- Bodega de contratistas.
- Almacén de lubricantes.
- Tanque de combustible de 2,500 l.
- Caseta de vigilancia.
- Área de concreto lanzado.
- Patios de maniobras.
- Almacén de transferencia de los residuos peligrosos que se generan en las labores de mantenimiento.
- Instalaciones de concreto lanzado.

Las edificaciones enlistadas están construidas con paredes de block y techo de lámina galvanizada.

### Patios (Área 2.7)

Se trata de un área de 3.5784 ha, que alberga patios de tepetate. Posee acceso a la mina subterránea y se ha utilizado para realizar trabajos de exploración que contribuyan a determinar los siguientes subniveles de la explotación.

El tepetate almacenado en este sitio se utiliza para el relleno de la mina subterránea, cuando el frente de trabajo ha terminado de explotarse.

### Oficinas de Geología (Área 2.8)

Se trata de un área de 0.4972 ha, en donde se tienen oficinas para el equipo de geología, un área de núcleos, otra área para equipo pesado de geología (barrenadoras), y un pequeño taller de mantenimiento de dicho equipo. El taller es de estructura metálica, con techo de lámina, en tanto que las oficinas son de muros de block, con techo de loza.

### Carretera Casetas-Tepehuacán (Área 2.9)

Dentro de la Zona Acuatitla, cerca del límite sur de la Zona Chipoco, transcurre un tramo de un kilómetro de la Carretera Casetas-Tepehuacán, también conocida como Hidalgo Otongo-Santa María de Allende. La superficie total del tramo carretero es de 0.726 ha.

### Caseta de Policía (Área 2.10)

En el extremo noroeste del Polígono de Agrupación 2, a un costado de la Carretera Casetas-Tepehuacán, se cuenta con una caseta de vigilancia con acceso controlado y un vigilante permanente. La instalación ocupa una superficie de 0.0472 ha y está construida con muros de block y techo de loza.

### Caminos (Área 2.11) y Accesos (Área 2.12)

Para intercomunicar todas las instalaciones de la zona de Acuatitla se tiene una red de caminos de terracería, cuyo ancho varía dependiendo las pendientes, pero sin exceder los 10 metros. En su conjunto, los caminos ocupan una superficie de 1.5993 ha.

Además, se dispone de un acceso principal a la zona que ocupa 0.27 ha.

En total, los caminos y el acceso cubren 1.8693 ha de superficie.

### Subestación eléctrica (Área 2.13)

El polígono, de 0.1602 ha, alberga la subestación eléctrica que recibe la energía generada en la Casa de Fuerza y abastece a la mina subterránea.

En esta área se encuentra también un robbin de ventilación (R-137) y un segundo que posee el ventilador principal de la mina subterránea (R-181), consistente en un extractor con motor de 200 hp.

### Proyecto Stainert (Área 2.14)

Se denomina Proyecto Stainert a un polígono de 5.9709 ha, en donde se dispone de un equipo seleccionador. En el sitio también se recibe y alberga el material que resulta como subproducto de la planta de nodulización, se resguardan materiales de agregados (arena, grava, cemento), y se elabora concreto de lanzado para la mina subterránea.

Esta superficie fue autorizada por la SEMARNAT en 2020 (Oficio No. SGPA/DGIRA/DG/03909 de fecha 3 de septiembre de 2020) como área ATS, como una modificación de la resolución del Tajo Acuatitla emitida en 1997.

En este polígono de 5.9709 ha, adyacente al equipo Stainert y dentro del área autorizada del Tajo Acuatitla, se ha venido realizando el depósito de polvos que son subproducto de la nodulización. La empresa busca incorporar este material al proceso de la concretera o reprocesarlos para recuperar mineral de baja ley; sin embargo, es de su interés que este depósito esté incluido en la autorización del **Proyecto DMA**, como parte de este polígono 2.14, para la

conformación de un depósito de polvos con capacidad de 153,234 toneladas. El material que será depositado (polvos) no tiene características CRETIB y la composición es similar al material de rechazo del Stainert (para el cual fue autorizada el área). La conformación del depósito tiene un diseño de una altura de banco de 10 metros, con un ángulo particular de 38° y banquetas o bermas de cuatro metros cada banco.

### La Isla (Área 2.15)

Corresponde a una superficie 10.4326 hectáreas, también denominada Tajo Acuatitla, autorizada en 1997 y posteriormente modificada en 2020, para la explotación de óxidos de manganeso. El sitio contiene numerosos caminos de acceso.

### Áreas verdes (Áreas 2.16 a 2.20)

Alrededor de las áreas con obras mineras se tiene una amplia extensión de área verde. Ésta configura cinco polígonos, que suman 32.5910 ha (Tabla II.21).

*Tabla II.21. Áreas verdes – Zona Acuatitla - Unidad Molango*

| ID | No. de Área | Superficie (ha) |
|---|---|---|
| Área verde 1 | 2.18 | 7.9633 |
| Área verde 2 | 2.17 | 4.1688 |
| Área verde 3 | 2.19 | 8.7794 |
| Área verde 4 | 2.16 | 2.8344 |
| Área verde 5 | 2.20 | 8.8451 |
| | **Total** | **32.5910** |

Si bien en el pasado en algunas de estas áreas se realizó explotación de mineral o actividades agrícolas, con la suspensión de esas actividades y el paso del tiempo se fue estableciendo vegetación de manera natural. Además, desde hace algunos años la compañía ha desarrollado programas de reforestación en estos sitios.

## II.2.2.2.3. Zonas Ayotetla y Coyoles

Las zonas Ayotetla y Coyoles se integran al **Polígono de Agrupación 3**, que incluye además al **Polígono de Agrupación 3.A.5** (Figura II.25).

Las áreas y obras que forman parte de la Zona Ayotetla, situada al norte del Polígono de Agrupación, y de la Zona Coyoles, al sur, se indican en la Tabla II.22.

*Tabla II.22. Áreas de las Zonas Ayotetla y Coyoles - Unidad Molango*

| ID | No. de Área | Superficie (ha) |
|---|---|---|
| **Zona Ayotetla** | | |
| Stock pile | 3.1 | 0.9106 |
| Planta de beneficio | 3.2 | 17.762 |
| Polígono de servicios | 3.4 | 0.3935 |
| Área de maniobras | 3.6 | 13.4875 |
| Infraestructura de combustibles | 3.7 | 0.2521 |

| ID | No. de Área | Superficie (ha) |
|---|---|---|
| **Zona Ayotetla** | | |
| Reabastecimiento de combustible | 3.8 | 0.9726 |
| Tanque de agua | 3.9 | 1.7489 |
| Casa de fuerza | 3.10 | 1.0383 |
| Carretera Otongo-Tepehuacán | 3.12 | 0.7411 |
| Polígono de servicios energéticos y explosivos | 3.13 | 0.6047 |
| Infraestructura operativa | 3.14 | 3.8808 |
| Vivero | 3.15 | 0.7593 |
| Área verde 1 | 3.16 | 6.4277 |
| Área verde 2 | 3.18 | 0.5174 |
| Área verde 3 | 3.17 | 0.6295 |
| **Zona Coyoles** | | |
| UG Coyoles | 3.3 | 4.5515 |
| Camino a Coyoles | 3.11 | 6.2716 |
| Área verde 4 | 3.19 | 26.3126 |
| Área verde 5 | 3.20 | 33.0438 |
| **Polígono 3.A** | | |
| Antigua báscula | 3.A.5 | 0.1515 |

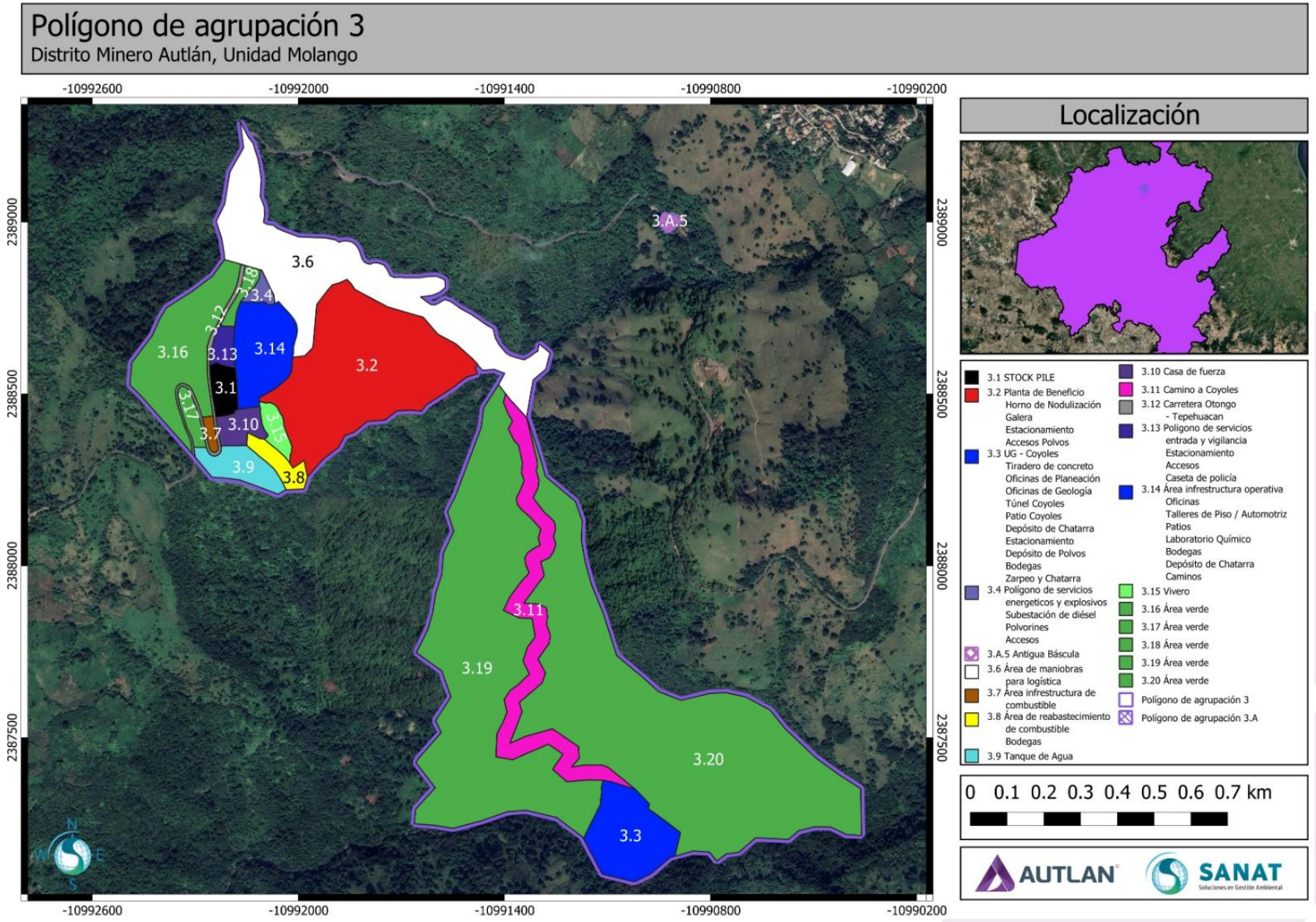



*Figura II.25. Zonas Ayotetla y Coyoles (Polígonos de Agrupación 3 – Unidad Molango*

A continuación, se describen las obras y áreas de cada zona.

### ZONA AYOTETLA:

La Zona Ayotetla agrupa los polígonos de las áreas 3.1 a 3.18, que corresponden a obras mineras diversas, infraestructura de apoyo y áreas verdes.

#### Stock pile – Apilamiento de mineral (Área 3.1)

Es un apilamiento de mineral extraído del Tajo Naopa y la mina subterránea (UG-Portales). Tiene 0.9106 ha de superficie; se conforma por la descarga del material en caída libre (humedeciendo previamente la carga para reducir emisiones). La pila almacena el mineral a granel a cielo abierto. El material llega con una granulometría de 14 - 40" y se transporta con un cargador al área de trituración primaria.

En esta área se dispone de una quebradora de quijadas y una criba de circulación continua, que realizan la trituración primaria del mineral.

#### Planta de Beneficio (Área 3.2)

Ocupa un polígono de 14.7620 ha, en donde se realiza el proceso de nodulización de mineral, de manera que posee infraestructura asociada con el proceso:

- **Área de trituración secundaria**: el mineral de carbonatos de Mn, reducido a 6” tras la trituración primaria, se alimenta en una tolva de regulación de 200 toneladas. En este punto se controla el ritmo de trituración para reducir el mineral a 2” usando una quebradora de quijadas. La tolva descarga en un alimentador vibratorio que regula el flujo hacia la trituración terciaria mediante bandas transportadoras.
- **Área de trituración terciaria**: la criba vibratoria tiene tres camas de mallas. El producto que pasa por la malla superior es retenido por la malla intermedia y transportado por la banda TB-4 a una de las dos tolvas metálicas de 200 toneladas. Una tolva almacena producto de CaMn con granulometría de 2 a 1¼ pulgadas, listo para venta. La otra clasificación alimenta una quebradora de hidrocono, que tritura entre ½ y ¾ de pulgada, pasando a dos bandas transportadoras de recirculación que regresan el mineral a CB2 para completar un circuito cerrado de trituración. El mineral resultante se envía al stoke pile de mineral triturado.
- **Bandas transportadoras**.
- **Stock Pile de mineral triturado:** almacena el mineral con granulometría de -1 ¼ pulgada en lotes bajo techo, utilizando un cargador frontal para colocarlo en las tolvas. El área tiene una estructura metálica y un techo de lámina galvanizada, con un cono invertido central que guía el mineral crudo hacia bandas dosificadoras que lo llevan al Área de Tolvas 2.
- **Área de tolvas techadas:** esta zona está construida con estructura de concreto, incluyendo el techo, y cuenta con respiradores superiores. Las dos tolvas tienen capacidad de almacenamiento de 900 toneladas cada una.
- **Área de preconcentración**: entrega cargas de mineral libres de contaminantes, mejorando la calidad del Manganeso y la relación Mn-Fe. El equipo utiliza rayos láser y la difracción de rayos X de baja emisión para detectar Mn, seguido de una separación con aire a presión. Este proceso tiene los beneficios de eliminar la dilución en carbonatos, mejorar la relación Mn-Fe del nódulo, aumenta la selectividad de carga para mezclas

en el horno, reduce el tiempo de calcinación, y minimiza la generación de gases y polvos debido a que se alimentan minerales más puros, con menor contenido de azufre – la emisión es baja en $SO_2$ –.

- **Horno rotatorio de Nodulización**. es un horno horizontal que opera desde hace más de 60 años. Cuenta con dos motores de 500 hp que proveen la energía para la rotación. Es cilíndrico, metálico de 375 pies de longitud, con una inclinación de sur a norte de 4.17°. Su diámetro es de 16.5 pies en las zonas de nodulización y secado; y de 20.5 pies en la zona de calcinación. Opera con gas natural que se abastece por ducto desde Venta de Carpio, con un promedio de consumo anual de 55,0000,000 $m^3$. Trabaja a una temperatura de 500- 600° C para el precalentamiento; el inicio de la calcinación comienza de 600 a 1137° C, en tanto que la nodulización se lleva a cabo a una temperatura de 1,250 a 1,350° C.
- **Área de enfriamiento:** En esta etapa, el nódulo ingresa a una temperatura de 1,000 °C en una parrilla reciprocante de placas rectangulares con barreos de 3/8", a través de los cuales circula aire para enfriar el mineral. Este proceso se realiza mediante ventiladores centrífugos de tiro forzado, que inyectan aire atmosférico por la parte inferior de las parrillas. Como resultado, el nódulo sale del enfriador con una temperatura reducida de 200 a 300 °C.

  El enfriador está dividido en dos secciones:

  - Cámara caliente (superior)**:** Aquí, el aire atraviesa las placas y entra en contacto con la cama de nódulos, precalentándose en el proceso.
  - Cámara fría (inferior)**:** Desde esta sección, el aire es extraído por dos ventiladores: uno dirige el aire precalentado hacia los quemadores del horno como aire primario para la combustión del gas natural, mientras que el otro expulsa el exceso de aire a la atmósfera a través de una chimenea de 27 metros de altura.

  Es importante destacar que el enfriamiento se lleva a cabo mediante **i**ntercambio de calor con aire, sin el uso de otros medios de enfriamiento.
- **Casa de sacos (Colector de Polvos):** Los gases generados por la combustión y calcinación salen del horno a una temperatura de 290 a 350 °C y pasan a través de un enfriador de aire forzado, compuesto por módulos de tubos radiantes de 4" de diámetro y ventiladores axiales con sistema de arranque y paro automático, ajustado en función de la temperatura de los gases a la entrada del colector de polvos.

  Después del enfriamiento, los gases alcanzan una temperatura de 220 a 250 °C y entran al colector de polvos, el cual opera mediante tiro de aire reverso. Este colector está conformado por 10 secciones, cada una equipada con 180 bolsas filtrantes de 12" de diámetro y 30 pies de altura. Los gases cargados de partículas son filtrados en estas bolsas, donde se forma una capa o torta de polvo. Periódicamente, esta acumulación es removida de manera automática mediante un sistema de sacudido por flujo de aire reverso en las etapas de limpieza de cada sección.

  El polvo capturado es dirigido a tolvas individuales en cada sección, desde donde se descarga mediante válvulas rotatorias y transportadores de gusano hacia un cuarto receptor de polvos. En este punto, el material es espreado (rociado) para minimizar la emisión de partículas antes de ser retirado con un cargador frontal y trasladado a los patios de almacenamiento de subproductos.

  Los gases libres de polvo son conducidos a la chimenea principal del horno, con una altura de 76 metros, desde donde son expulsados a la atmósfera. **La chimenea cuenta con un sistema de monitoreo continuo de $SO_2$, cuyos datos se registran en tiempo real desde el cuarto de control. Además, cada 30 días se genera un informe con los resultados obtenidos, el cual es remitido a la Delegación de PROFEPA y SEMARNAT en Hidalgo**.

Adicionalmente, se realizan inspecciones internas con Visolite para verificar la integridad de las bolsas filtrantes, detectar fugas y reemplazarlas de inmediato, garantizando así la eficiencia operativa del colector de polvos.

- **Patios de almacenamiento de polvos.**
- **Galera**.

- **Oficinas y áreas de capacitación**. Incluye al cuarto de control, mantenimiento, gerencia de operación, una sala de juntas, un aula de capacitación, un almacén de materiales de laboratorio de ensaye, así como un área que se denomina piso de fuego, en donde están los quemadores del horno. Estas instalaciones están construidas con panel tipo tablaroca y techo de lámina.
- **Almacén de materiales** para mantenimiento de oficinas y áreas de la planta; construido con lámina y estructura metálica.
- **Talleres de mantenimiento de la planta**. Incluye taller eléctrico y áreas de corte y soldadura. En estos talleres de realiza la reparación de piezas del equipamiento de producción. Están construidos con estructura metálica como pilares y techo de lámina galvanizada.
- **Planta de tratamiento de aguas sanitarias**. Recibe las aguas sanitarias de servicios y regaderas. Se realiza tratamiento de tipo terciario, con lodos activados; tiene capacidad de 30 $m^3$ por día. El efluente se utiliza en el espreado de polvo de la casa de sacos o en el colector de polvos, por lo que no hay descarga a bienes nacionales.
- **Laboratorio de ensaye**. Equipado como un laboratorio químico para el control de la operación, ensayes y metalurgia. Algunos de los equipos utilizados en este laboratorio son: dos secadores grandes y uno chico, una balanza, dos quebradoras de quijada Terminator, un repartidor, tres pulverizadores de masa y tamizadora.

  En esta área se hacen los análisis granulométricos requeridos en la operación. Para ello cuenta con muflas eléctricas para fundición, una mufla para copelación, balanza para polvos, equipo de absorción atómica para determinar concentración de elementos.

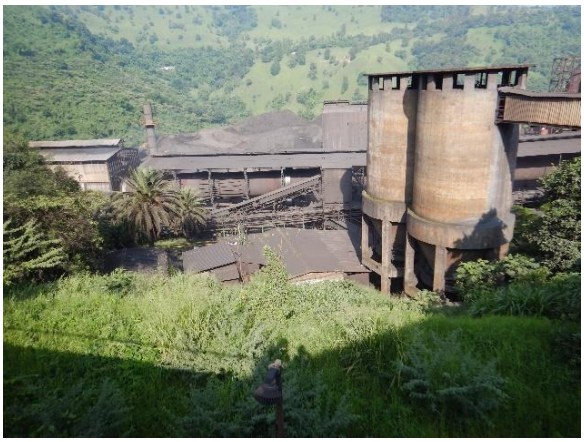
  Se complementa esta instalación con un almacén de reactivos y materiales, que son clasificados y almacenados de acuerdo con sus propiedades químicas, considerando los criterios de seguridad establecidos por la normatividad.

  Los residuos peligrosos generados en el laboratorio son trasladados al almacén temporal de residuos peligrosos, para ser dispuestos con empresas autorizadas por la SEMARNAT.
- **Estacionamientos**. Existen cuatro áreas de estacionamiento para unidades utilitarias de los colaboradores de procesos y laboratorio.
- **Área de producto terminado**. Consiste en un área a cielo abierto que almacena los nódulos (mineral calcinado). Este material, al estar fusionado y frio, no emite partículas a la atmósfera
- **Área de subproducto de polvo**. Alberga temporalmente y a cielo abierto al polvo que se obtiene del proceso de enfriamiento. El material es almacenado en lotes y posteriormente trasladarlo a la Zona de Acuatitla, en donde eventualmente se beneficia, por tener aún bajar ley.
- **Accesos**.
- **Talud de polvos**. Es un apilamiento antiguo de polvos resultantes de la calcinación, que comenzó a conformarse en los inicios de las operaciones (1968). El área fue sujeta a acciones de restauración

progresiva, como son el perfilamiento y banqueo del talud, con bancos de 10 m de altura, canales de desvío, piletas de captación, colocación de malla de coco e hidrosiembra.

Parte del equipamiento de esta área se ilustra en la Figura II.26.





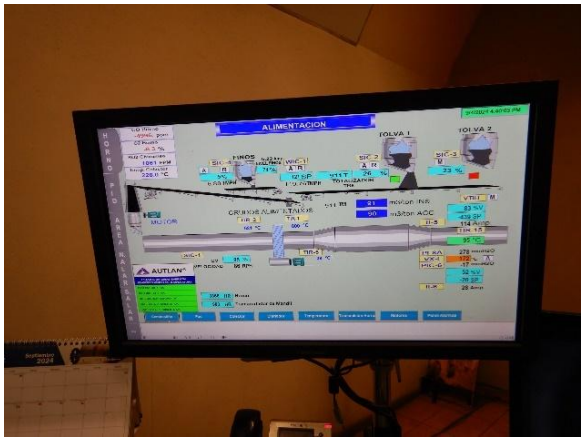
Tolvas



Chimenea



Horno giratorio




Cuarto de control



Cuarto de control



Casa de Sacos (Colector de Polvos)



Salida de nódulos



Talud de polvos restaurado

*Figura II.26. Equipamiento del área de la Planta de Beneficio – Unidad Molango*

### Polígono de servicios energéticos y explosivos (Área 3.4)

Es un polígono de 0.3935 ha de superficie en el que se cuenta con:

- Almacén de cartuchos industriales. Resguarda cartuchos calibre 8, que son utilizados para retirar incrustaciones del horno. Tiene capacidad para almacenar 75,000 piezas y está construido con muros de concreto y techo de madera con bovedilla, de conformidad con los requerimientos de la SEDENA.
- Subestación eléctrica. Es una subestación de reducción de potencia, a donde llega la energía generada en la casa de fuerza. Está conformada por dos transformadores de 2000 KVA, sumergidos en aceite, que dan servicio a los circuitos de la mina subterránea, Tetzintla, Tampoch, caseta de vigilancia y la comunidad de Chipoco.

  La subestación cuenta con pararrayos y tierras físicas.
- Caseta de vigilancia y control de acceso. Opera todos los días del año.

### Área de maniobras (Área 3.6)

Es un área de 13.4875 ha en donde las góndolas o camiones de trayecto largo son cargados con producto terminado, mediante cargadores frontales. Cuenta con una báscula, área de descanso de operadores, comedor, estacionamiento de unidades, estacionamiento de proveedores, caminos de intercomunicación al almacén y mina subterránea, y caseta de vigilancia mediante pluma y vigilante permanente.

Este polígono se conecta con la carretera estatal y áreas verdes.

### Infraestructura de combustibles (Área 3.7)

Es una superficie de 0.2521 ha, que alberga tres tanques de combustible (diésel); dos de ellos con capacidad de 60,000 l, y uno más de 45,000 l de capacidad. Los tanques son de acero inoxidable y están colocados dentro de un dique de contención construido con block y reboco de cemento, malla ciclónica delimitadora, sistema de tierras, pararrayos, sistema contraincendios móvil y área de llegada.

### Reabastecimiento de combustible (Área 3.8)

Es un polígono de 0.9726 ha en donde se realiza la recepción del gas natural que se utiliza en el horno de nodulización. El gas llega mediante ducto desde el municipio de Metztitlán a una presión de 28 Kg/cm$^2$, en donde se tiene una caseta de control que es operada por el proveedor -CENAGAS- (Figura II.27).

Una vez en la Unidad Molango, el gas se recibe en una caseta de control y distribución interna, que cuenta con un medidor de lecturas de consumo. A través de válvulas y líneas de conducción de acero inoxidable, el gas se distribuye a la casa de fuerza y al horno.



*Figura II.27. Estación de recepción de gas natural*

Respecto del funcionamiento de la instalación, se cuenta con el oficio en materia de riesgo ambiental No. DGGIMAR.-710/004878 de fecha 3 de julio de 2006, emitido por la Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales, a través de la Dirección General de Materiales y Actividades Altamente Riesgosas (DGGIMAR), mediante oficio (Tabla II.23).

*Tabla II.23. Cantidad de gas natural autorizada*

| Material Riesgoso | Flujo | Capacidad Total (kg) | Cantidad de Reporte (kg) |
|---|---|---|---|
| Gas Natural (Metano) | 24,057,391.00 m³/año | 37.81 | 500 |

En cuanto a la red interna que suministra gas natural a los equipos de la empresa, ésta no cumple con los supuestos normativos para ser considerada una actividad altamente riesgosa, toda vez que los diámetros de la tubería son de 4”, 6” y 8”; poseen longitudes variables, y manejan presiones entre 6 kg/cm² y 16 kg/cm².

En esta área existen también bodegas de almacenamiento.

### Tanque de agua (Área 3.9)

**Compañía Minera Autlán** cuenta con el título de Concesión 09HGO101151/26ISDL16 que permite el aprovechamiento de agua por un volumen total de 374,017 m³/año, con vigencia a marzo del 2036. El agua que se aprovecha es almacenada en esta área, con superficie de 1.7489 ha, que alberga tanques de agua, construidos de concreto y con capacidad de 500 m³. De estos tanques parten tuberías de distribución que conducen el agua a las diferentes áreas de Unidad Molango.

Se dispone de un flujómetro telemétrico que reporta de manera continua a la CONAGUA los volúmenes de extracción de agua, para posteriormente realizar la declaración de aprovechamiento correspondiente, de acuerdo con la concesión otorgada (Tabla II.24).

*Tabla II.24. Volumen de agua concesionado*

| No. De Concesión | Volumen Autorizad m³/ año | | Punto de extracción |
|---|---|---|---|
| 09HGO101151/26ISDL16 | Volumen de aprovechamiento Anexo 1.1 | 84,043 | “La cueva” |
| | Volumen de aprovechamiento Anexo 1.2 | 289, 974 | Rio Tlaltepingo |

Los títulos de concesión de agua que han sido otorgados a la compañía se incluyen en el **Anexo II.9** de este documento.

Es importante destacar que, en el marco del Acuerdo Nacional por el Derecho Humano al Agua, **Compañía Minera Autlán** cederá de manera voluntaria y gratuita a la CONAGUA los 84,043 m³/año que se extraen del punto "La Cueva", durante 5 años y 2 días, como se indica en el Anexo 1.1., para los fines que ésta determine.

### Casa de Fuerza (Área 3.10)

Se denomina Casa de Fuerza a las instalaciones de generación de energía eléctrica de la Unidad Molango. Ocupa 1.0383 ha de superficie y tiene una capacidad de generación de energía de 10.875 Mwh.

Las coordenadas y mapa de localización de la Casa de Fuerza se ilustran en la Figura II.28.

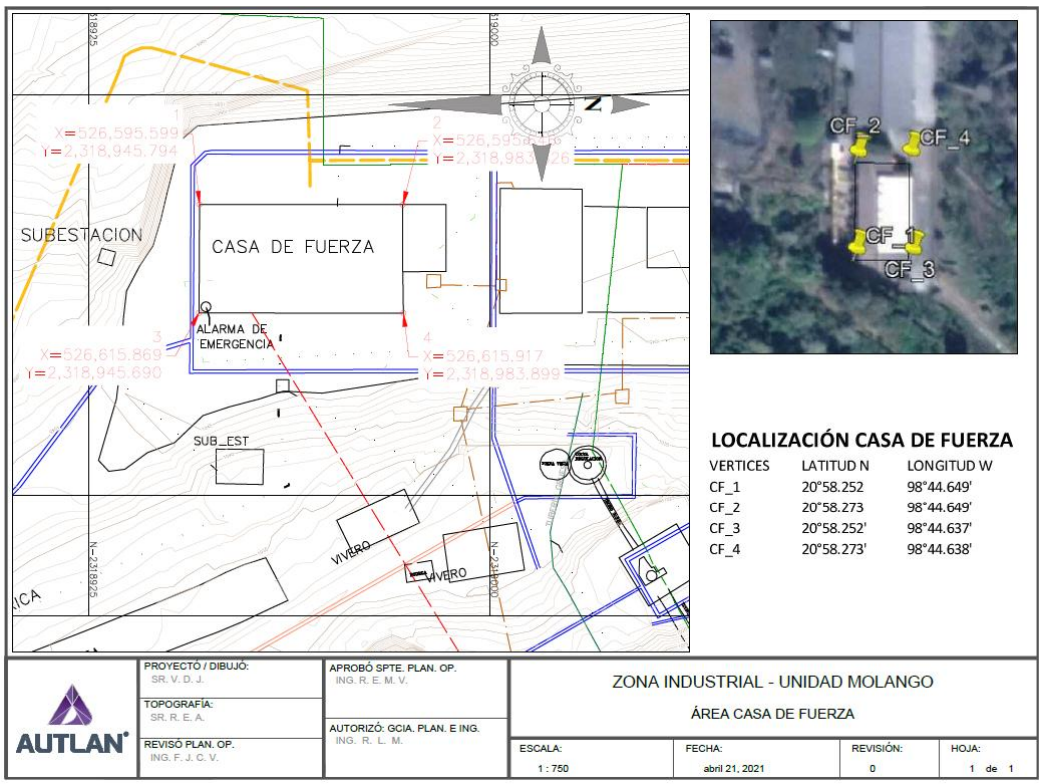



*Figura II.28. Ubicación de la casa de fuerza*

La generación de energía es a través de seis equipos generadores: dos de marca Caterpillar, de 2.5 Mwh, que operan con gas natural; y cuatro de marca Workington, de 2 Mwh, que funcionan con diésel.

Los equipos generadores están resguardados en una edificación construida con estructura metálica, paredes de block y techo de lámina galvanizada, que alberga también los compresores que se usan para generar el aire comprimido que da servicio al horno y los talleres (Figura II.29).

La energía generada es conducida a la subestación eléctrica de la unidad, de donde es distribuida a la mina subterránea, áreas de servicios y a la unidad de Otongo (viviendas de empleados).

La casa de fuerza cuenta con el permiso de la Comisión Reguladora de Energía (CRE) R/159/AUT/2000, otorgado el 25 de enero del año 2000, mediante la resolución RES/019/2000 para generar energía eléctrica bajo la modalidad de autoabastecimiento; así como la resolución RES/830/2017 de fecha 4 de mayo de 2017, a través de la cual se modificaron las condiciones Primera y Cuarta del permiso. (Ambos documentos se incluyen en el **Anexo II.10** de este documento).

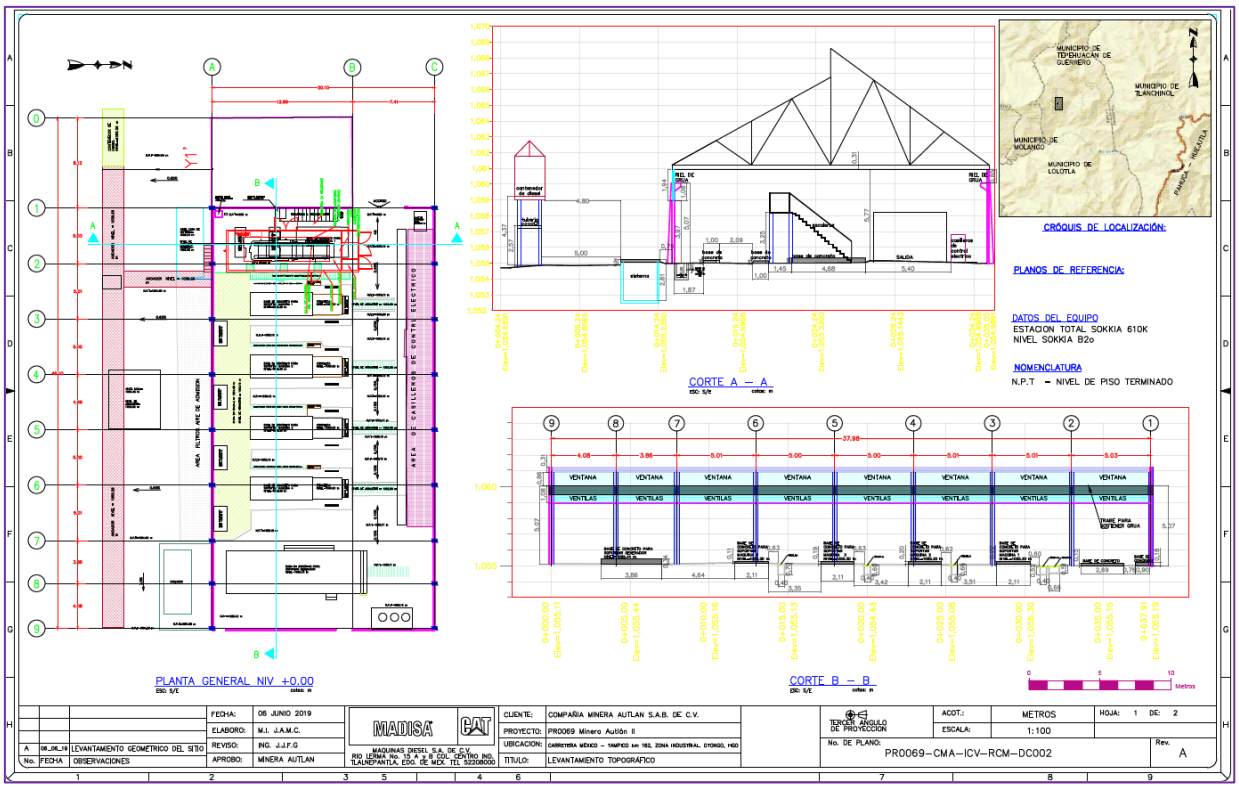



*Figura II.29. Levantamiento topográfico de la casa de fuerza*

Internamente, la compañía cuenta con un procedimiento particular para la generación de energía eléctrica, donde se describen las acciones y lineamientos para vigilar la correcta ejecución de los mantenimientos preventivos y correctivos de los equipos, entre otras actividades.

### Carretera Otongo-Tepehuacán (Área 3.12)

Corresponde a un tramo de la carretera Otongo-Tepehuacán, también denominada Hidalgo Otongo-Santa Ana de Allende, que cruza el extremo oeste del Polígono de Agrupación, en sentido norte-sur.

La porción de la carretera incluida en el Polígono de Agrupación tiene 1.35 km de longitud y ocupa 0.7411 ha de superficie. Su trayecto delimita las áreas verdes identificadas como Áreas 3.16, 3.17 y 3.18; cruza el Área de Maniobras (Área 3.6); y bordea los polígonos de Infraestructura de Combustibles (Área 3.7), Casa de Fuerza (Área 3.10), Stock pile (Área 3.1) y de Servicios energéticos y explosivos (Área 3.13).

### Polígono de servicios (Área 3.13)

Es una superficie de 0.6047 ha en donde se encuentran los servicios de ingreso principal a la Unidad Molango, tales como: caseta de vigilancia, construida con paredes de concreto, techo de loza y una pluma de control de acceso; un área de estacionamiento de visitas; y rampa de llegada.

### Infraestructura operativa (Área 3.14)

La infraestructura operativa se concentra en un polígono de 3.8808 ha, en donde se encuentras todas las áreas que dan soporte a la operación:

- **Oficinas**. Construidas en los inicios de la Unidad Molando, su estructura es a base de block, techo de lámina galvanizada y estructura metálica de soporte. Incluyen servicios sanitarios, comedor, salas de juntas, oficinas de contabilidad, medio ambiente, gerencia general, planeación, geología, seguridad e higiene, IT, compras, y otros departamentos de apoyo.
- **Talleres de piso/automotriz**. Dan mantenimiento mecánico y eléctrico a las unidades pesadas y vehículos ligeros. Están instalados en una nave con piso de concreto, fosas y trampas de captación, en donde se capta y separa el aceite, y se realiza la clarificación de agua. Los residuos de aceite se almacenan como residuos peligrosos y el agua se recupera para el área de lavado.

  En esta área se cuenta con un almacén de materiales propios del mantenimiento mecánico y eléctrico, en donde también se realizan actividades de corte y soldadura.
- **Patio de usos múltiples**. Utilizado como punto de reunión. Cuenta con una jardinera central y un cajero automático ATM para uso general.
- **Almacén** de sustancias químicas. Resguarda las sustancias que se utilizan en el laboratorio de ensaye. Cuenta con las hojas de seguridad correspondientes, sistema contraincendios móvil y lavaojos. La instalación está construida con piso de concreto (loza), dique de contención y área de neutralización de residuos químicos de laboratorio.
- **Laboratorio químico**.
- **Almacén de residuos sólidos urbanos y de manejo especial**.
- **Bodegas y almacenes**. Resguardan equipos, lubricantes, cilindros de gas de acetileno y oxígeno que se usan para oxicorte, pintura, materiales diversos, herramientas y piezas mecánicas.
- **Tanque de despacho de diésel**. Se cuenta con un tanque de 40,000 l de capacidad, de doble fondo, acero inoxidable, con arrestaflama, paro de emergencia, tierra física, pararrayos y kit de atención de derrames con pala plástica para no generar chispa.

  En esta área se despacha diésel a vehículos utilitarios y equipo pesado. El combustible se descarga directamente del proveedor, y se cuenta con el procedimiento correspondiente de descarga y de atención de emergencias para cualquier incidente en esta área, además de un sistema contraincendios móvil.
- **Estacionamientos**. Se utiliza para vehículos utilitarios y poseen pisos de concreto.
- **Antigua planta piloto**. Se trata de un área que en el pasado (1985) se utilizó para la separación del mineral mediante lixiviación dinámica (tanques), pero que dejó de operar en 1996. El área se utiliza como depósito de activos fijos obsoletos, almacén de residuos de manejo especial (chatarra). Actualmente está en proceso de limpieza, para proceder con su desmantelamiento y optimizar el uso del área para la reubicación del almacén de residuos peligrosos en mediano plazo.
- **Caminos**.

### Vivero (Área 3.15)

Se cuenta con un vivero de 0.7593 ha, destinado a la producción de plántulas de la región y, específicamente, del bosque mesófilo de montaña. Tiene una capacidad de producción de 50,000 ejemplares por año. Está conformado por las siguientes áreas:

- **Área de germinación**. En esta área se preparan la semilla y los almácigos para que germine la plántula. Posee una estructura metálica y malla sombra.

- **Área de embolsado**. En esta área se prepara la tierra y se realiza el llenado de bolsas para traspasar el almácigo, antes de trasladarlos a las naves de crecimiento, Está instalada con estructura metálica y malla sombra.
- **Naves de crecimiento**. Existen cinco naves en donde se mantienen las plántulas hasta alcanzar un talle suficiente para que puedan ser plantadas. Las naves están construidas con estructura metálica y malla sombra.
- **Bodega de herramientas y materiales**. Esta construida con estructura metálica, techo de lámina galvanizada y cercada con malla electrosoldada. Alberga herramientas manuales, algunas pinturas, químicos de uso agrícola y forestal, aceite y gasolina para las motosierras, bolsas forestales, cuerdas y semilla que es recolectada en la zona para mantener el germoplasma de la región.
- **Comedor y área de lockers**.

En el vivero se produce planta de ocote, encino amarillo, encino blanco, cedro blanco, palo escrito, zuchiate, fresno, framboyán, trueno, pioche y xiquile, entre otras.

### Áreas verdes (Áreas 3.16, 3.17 y 3.18)

En la Zona Ayotetla se cuenta con tres polígonos de áreas verdes (Tabla II.25).

*Tabla II.25. Áreas verdes – Zona Ayotetla - Unidad Molango*

| ID | No. de Área | Superficie (ha) |
|---|---|---|
| Área verde 1 | 3.16 | 6.4277 |
| Área verde 2 | 3.18 | 0.5174 |
| Área verde 3 | 3.17 | 0.6295 |
| | **Total** | **7.5746** |

Estas áreas verdes se establecieron de manera natural y se han mantenido y ejecutado en los últimos años actividades de reforestación y de conservación.

## ZONA COYOLES:

La Zona Coyoles corresponde al polígono donde se sitúa la mina subterránea Coyoles; existen también el camino de acceso a ésta y áreas verdes.

### Mina Coyoles (Área 3.3)

La mina subterránea Coyoles se ubica en el **Polígono de Agrupación 3**. Está constituida por túneles que, en conjunto, totalizan 86 kilómetros lineales. Opera a través de dos socavones (Tampoch y Coyoles) y cuatro accesos. Las actividades de minado se realizan en cinco secciones: Comextetitla (Mina 812), Coyoles, Mina 810, Mina 900 y Mina 1000) [Figura II.30].

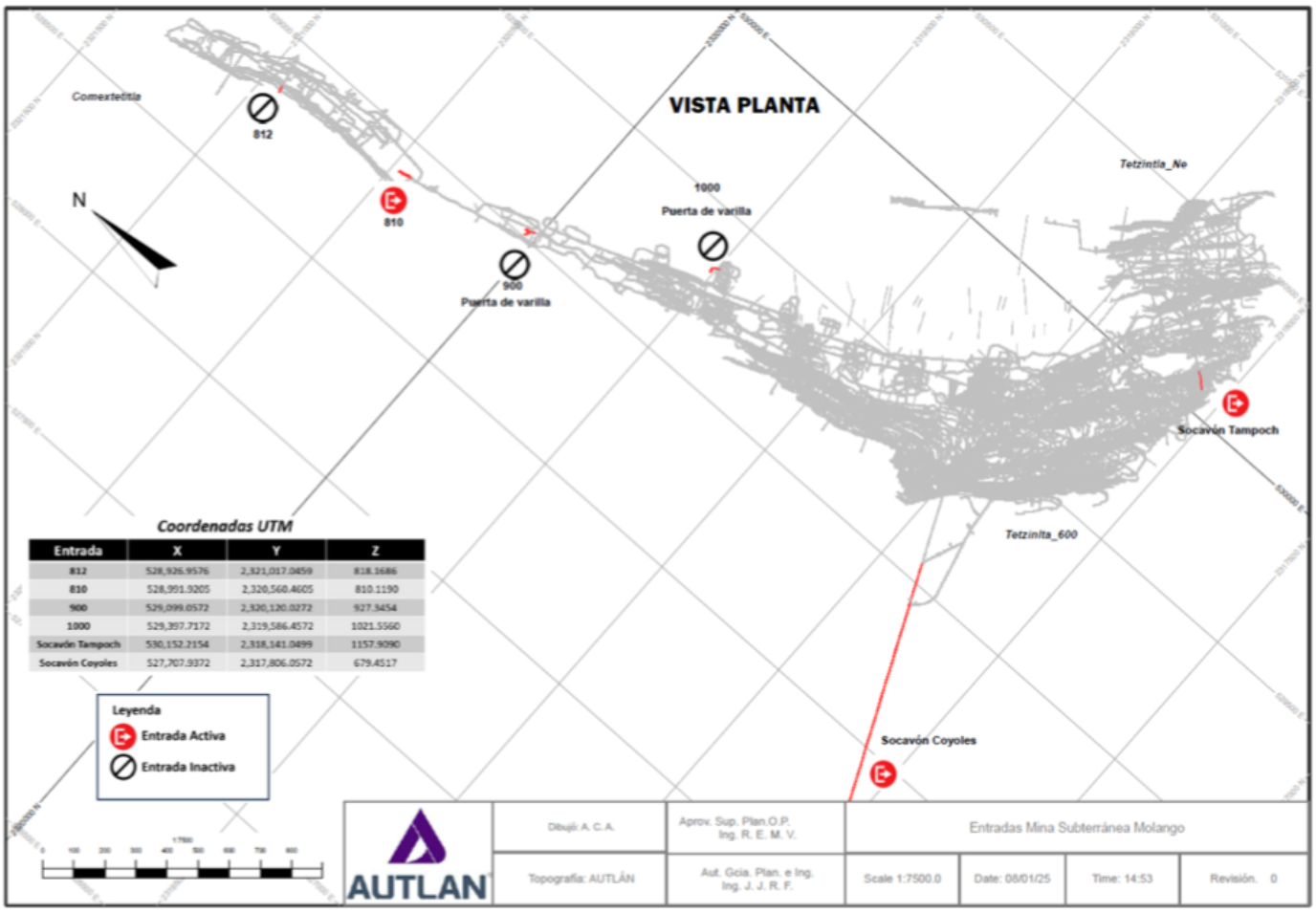



*Figura II.30. Mina subterránea – Unidad Molango*

Las coordenadas y tamaño de sección de los socavones y accesos se indican en la Tabla II.26.

*Tabla II.26. Coordenadas UTM y secciones de los socavones y accesos de la mina subterránea de la Unidad Molango*

| | Coordenadas UTM | | | Sección de Obra | |
|---|---|---|---|---|---|
| Entrada | X | Y | Z | Ancho (m) | Alto (m) |
| 812 | 528,926.9576 | 2,321,017.0459 | 818.1686 | 5 | 4 |
| 810 | 528,991.9205 | 2,320,560.4605 | 810.1190 | 5 | 3 |
| 900 | 529,099.0572 | 2,320,120.0272 | 927.3454 | 5 | 4 |
| 1000 | 529,397.7172 | 2,319,586.4572 | 1021.5560 | 5 | 4 |
| Socavón Tampoch | 530,152.2154 | 2,318,141.0499 | 1157.9090 | 5 | 4 |
| Socavón Coyoles | 527,707.9372 | 2,317,806.0572 | 679.4517 | 4 | 4 |

El portal principal de la mina, que inició operaciones en 1981, ocupa un polígono de 4.5515 ha. Tiene dimensiones de 4 x 4 metros y una rampa de ingreso de 2 km, conformada con piso de concreto. Al costado de la rampa se encuentra tendido un ducto de 6'' que conduce el agua de laboreo al exterior.

El túnel principal, denominado Túnel Coyoles o Salvador Treviño tiene 2.7 km de longitud, y profundidad de 400 a 500 metros, partiendo de la cota de los 683 msnm (Figura II.31).



*Figura II.31. Túnel Coyoles – Unidad Molango*

En el polígono de 4.5515 ha donde se ubica el Portal Coyoles se cuenta con diversas obras complementarias:

- **Planta de tratamiento de aguas residuales**. Tiene capacidad de diseño de 30 m³/día y sistema de tratamiento de lodos activados. La planta recibe el agua de servicios sanitarios de esa zona. Se cuenta con el permiso de descarga de aguas residuales, otorgado por CONAGUA mediante el titulo No. 09HGO101151/26ISDL16 **(Anexo II.9)**.
- **Oficinas**. Cuentan con servicios básicos de energía eléctrica, sanitarios, comedor, agua corriente. En la misma área se tienen almacenes y bodegas de materiales, construidos con lámina galvanizada; un área de transferencia de residuos peligrosos, techada, con piso de concreto y cercada con malla ciclónica; una caseta de vigilancia; y dos trailas que son usadas también como oficinas.
- **Banda transportadora**. Se dispone de una banda transportadora que conduce a dos tolvas de acero, con capacidad de 200 toneladas, para el almacenamiento de mineral.
- **Oficinas de planeación y geología**. Se trata de oficinas tipo panel, con un comedor, sanitarios, una concretera y un laboratorio de pruebas de calidad del concreto, utilizado en el zarpeo de la mina subterránea. Existe también en esta área un almacén de núcleos geológicos y un almacén de residuos de manejo especial (chatarra, madera, PET, cartón, etc.).
- **Patio Coyoles**. Alberga una banda transportadora y dos tolvas de acero, con capacidad de 200 toneladas, para el almacenamiento de mineral.
- **Depósito de Chatarra**.
- **Estacionamiento**.
- **Depósito de polvos**.
- **Bodegas**.
- **Tiradero de concreto**.

Al interior de la mina Coyoles se cuenta con una Trituradora Primaria Subterránea.

El desarrollo actual de la mina subterránea, en sus diferentes áreas, se ilustra en las figuras II.32 a II.34).

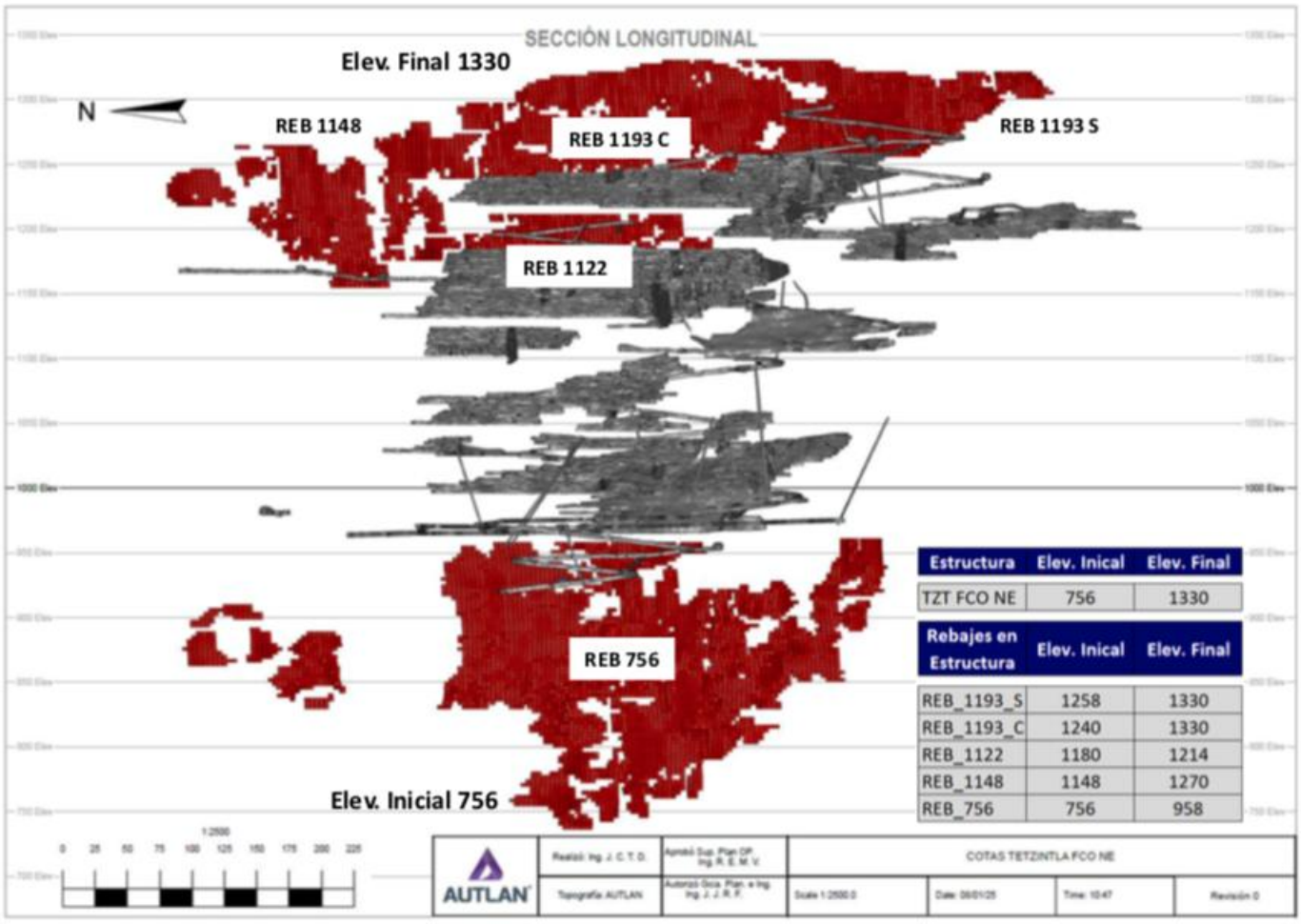



*Figura II.32. Desarrollo y cotas de la mina subterránea, sección longitudinal área Tetzintla Fco. NE – Unidad Molango*

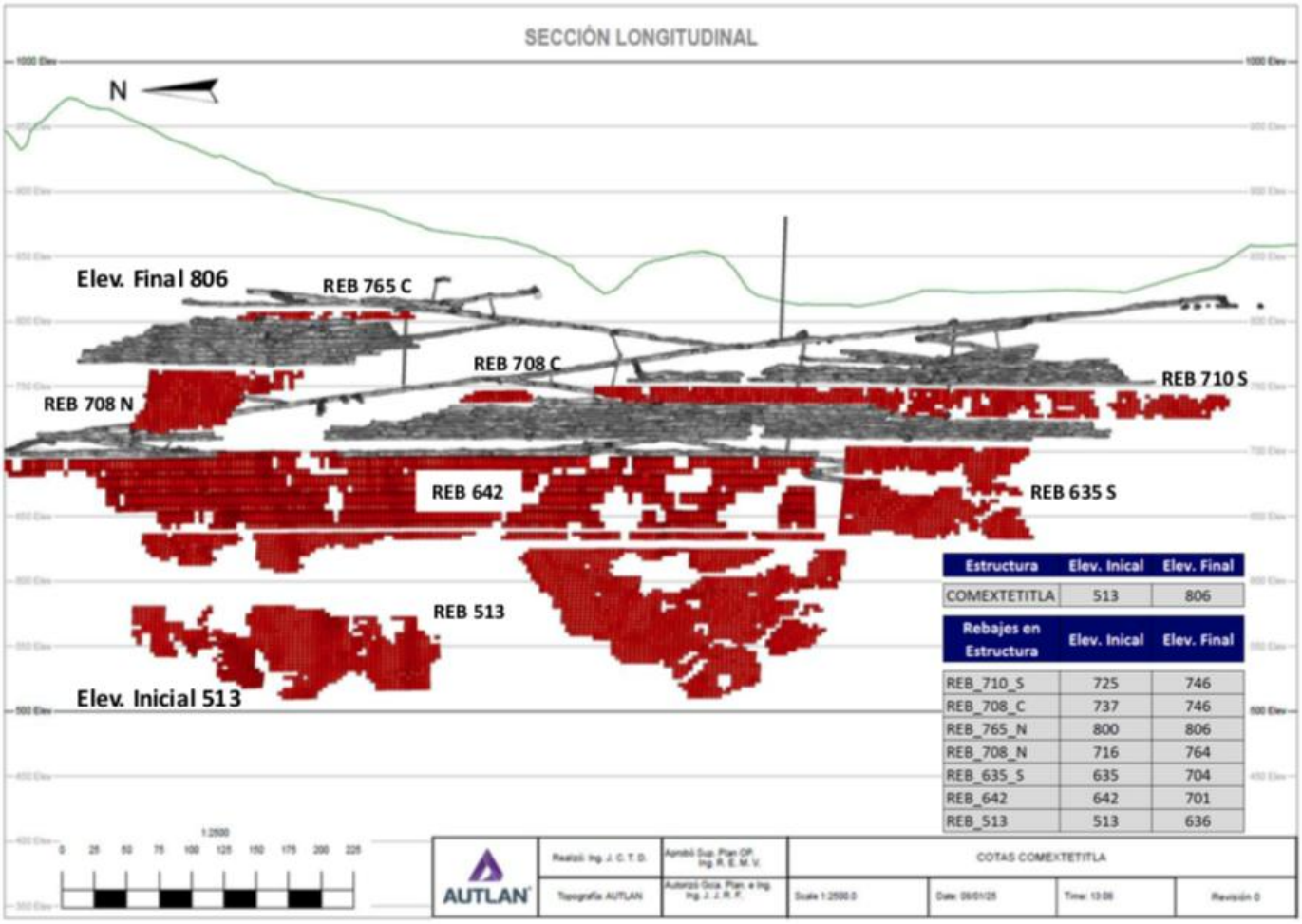



*Figura II.33. Desarrollo y cotas de la mina subterránea, sección longitudinal área Comextitla – Unidad Molango*

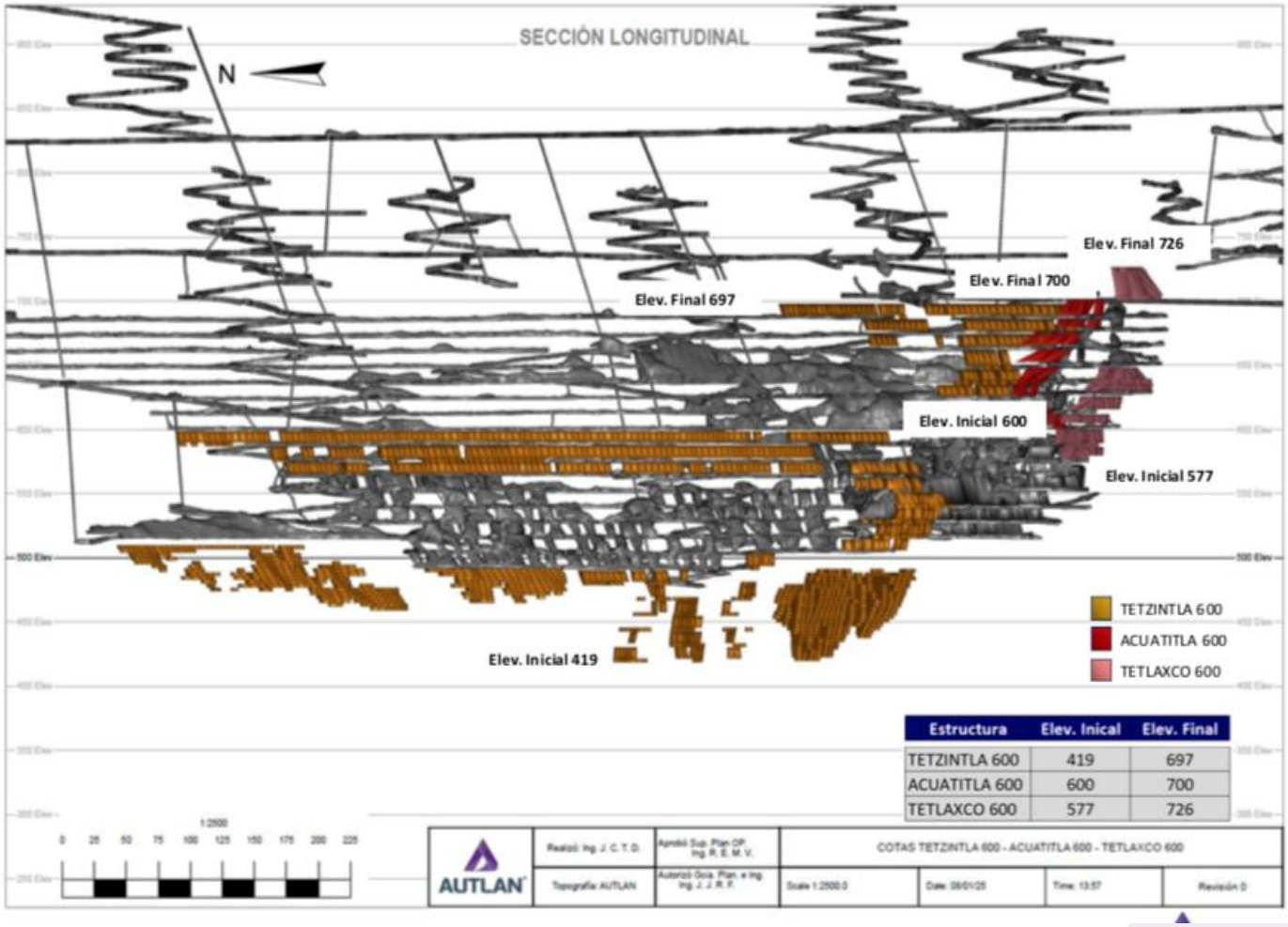



*Figura II.34. Desarrollo y cotas de la mina subterránea, sección longitudinal área Tetzintla, Acuatitla y Tetlaxco 600 – Unidad Molango*

**Plan de explotación**

De acuerdo con las reservas probadas hasta el momento, el plan de explotación de la mina subterránea se indica en la Tabla II.27. No obstante, las reservas inferidas permiten estimar aún una vida útil de la mina subterránea de hasta 50 años en total.

*Tabla II.27. Plan de explotación de la mina subterránea de la Unidad Molango*

| Año/Vol | 2025 | 2026 | 2027 | 2028 | 2029 | 2030 | 2031 | 2032 | 2033 | 2034 | 2035 | 2036 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| TMH Mineral | 99,355 | 268,812 | 330,822 | 330,446 | 342,760 | 331,397 | 362,918 | 356,595 | 356,574 | 348,077 | 340,206 | 48,870 |

**Polvorines**

La mina subterránea cuenta con dos polvorines, denominados Polvorín Tetzintla 600 y Polvorín Tampoch; cada uno de ellos con dos instalaciones separadas, para ANFO y artificios (figuras II.35 y II.36).

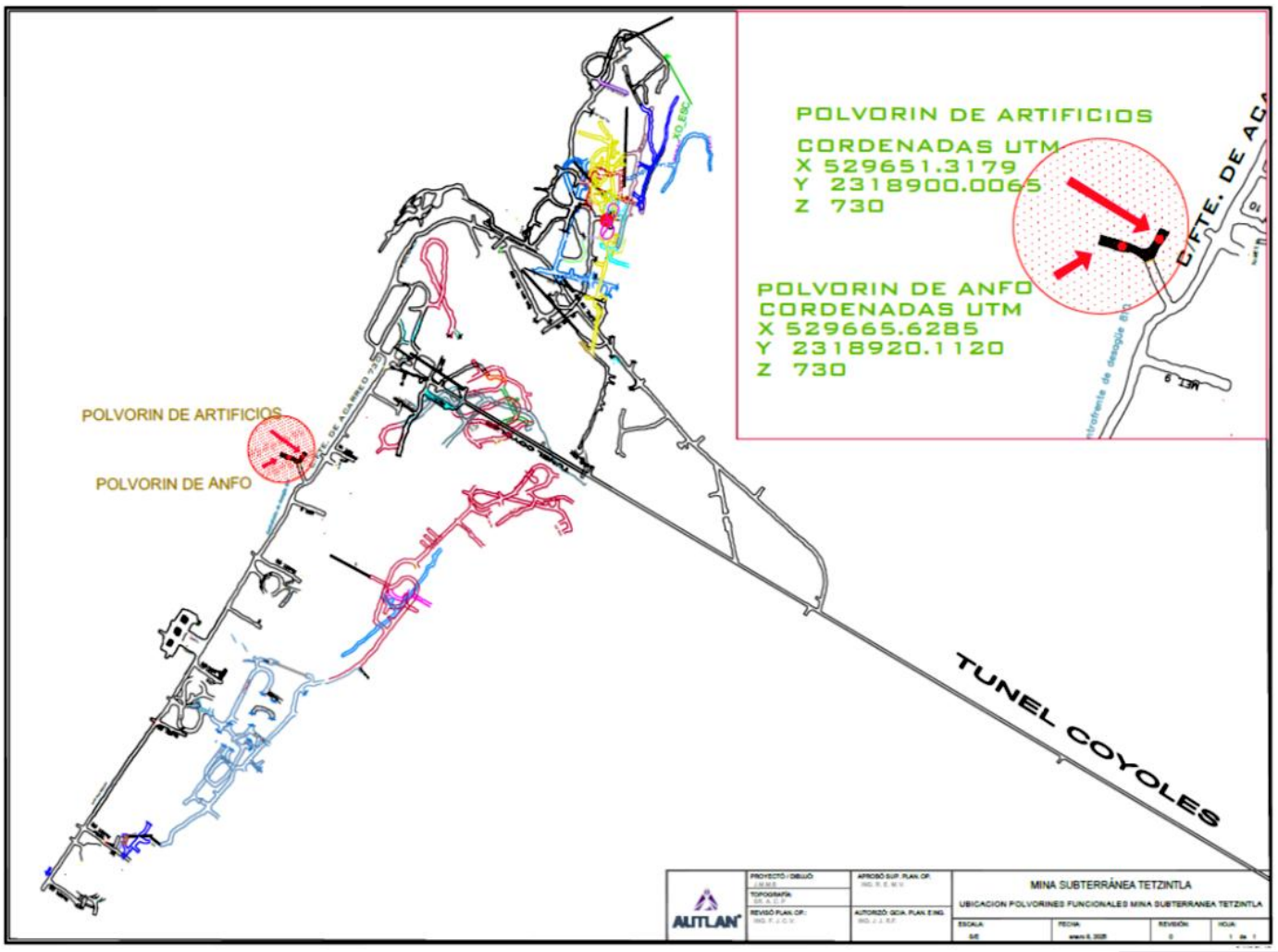



*Figura II.35. Localización del Polvorín Tetzintla 600 – Unidad Molango*

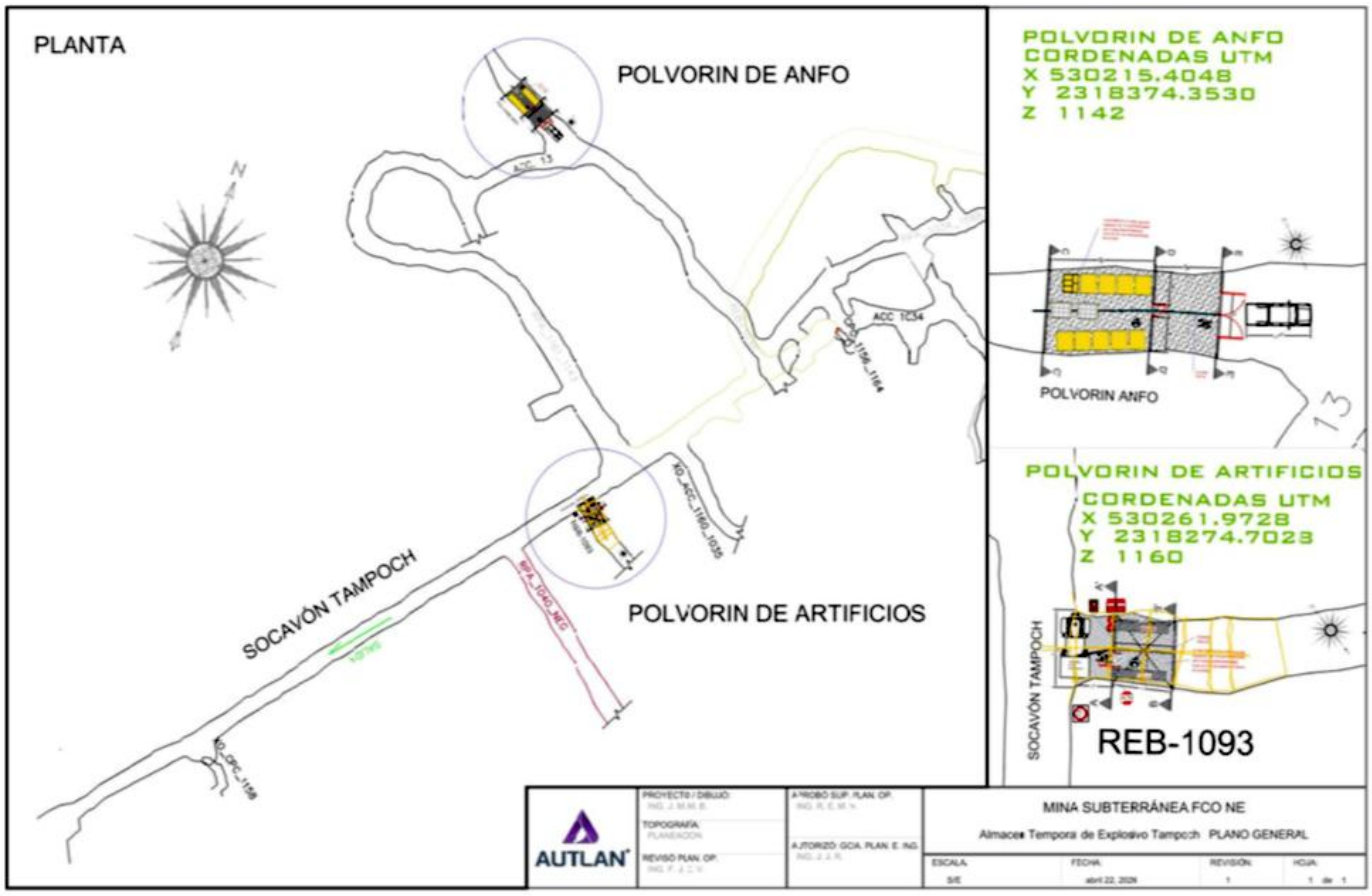



*Figura II.36. Localización del Polvorín Tampoch – Unidad Molango*

Los polvorines cuentan con piso de concreto, reforzado con malla de 15 cm de espesor. Muros de block de 20X40X12 y espacios libres para ventilación. En los polvorines de iniciadores se cuenta con tanques de arena y agua (figuras II.37 y II.38).

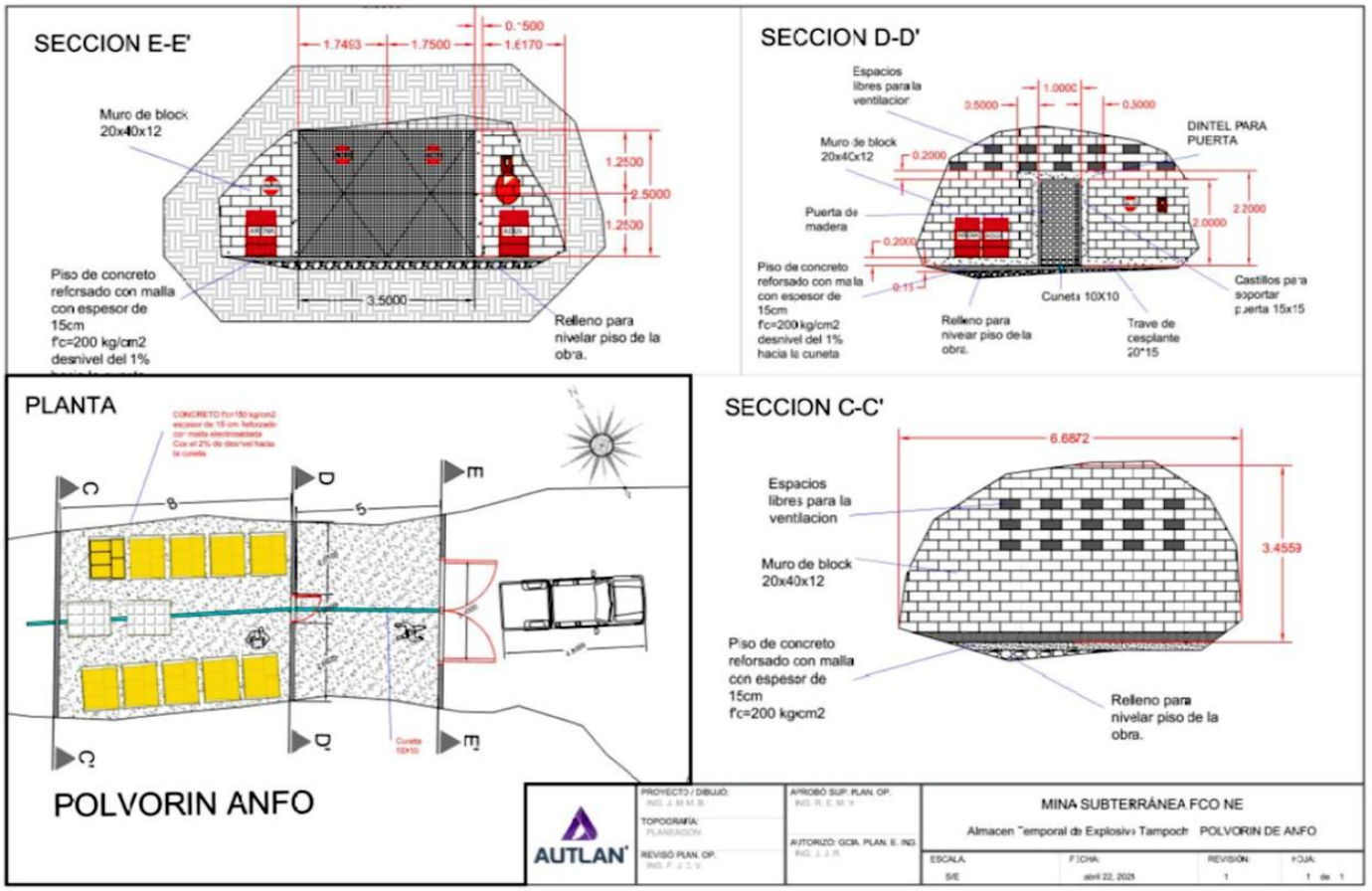



*Figura II.37. Detalles constructivos del Polvorín Tampoch (ANFO) – Unidad Molango*

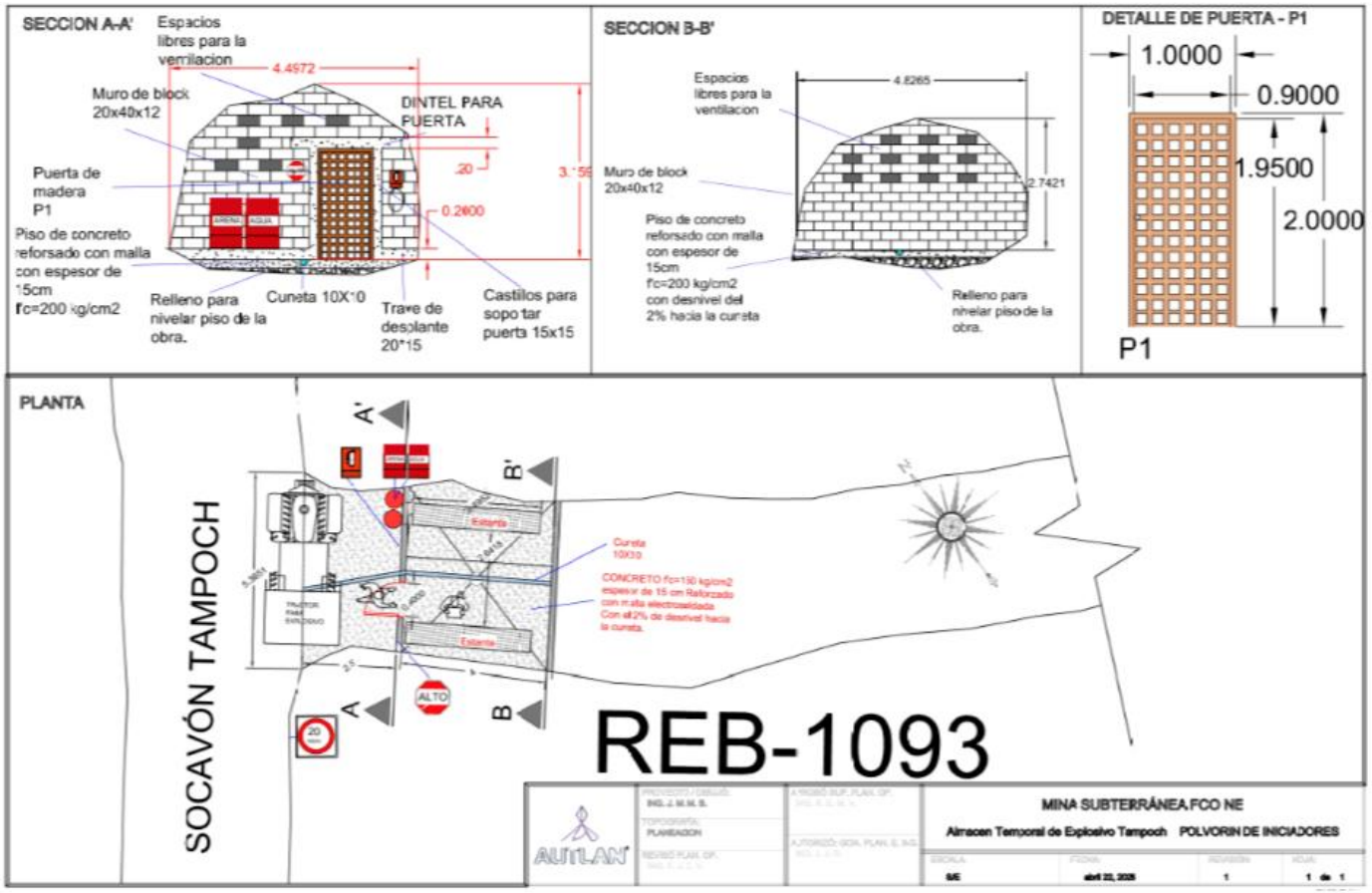



*Figura II.38. Detalles constructivos del Polvorín Tampoch (Iniciadores) – Unidad Molango*

### Camino a Coyoles (Área 3.11)

El camino de acceso a la mina ocupa 6.2716 ha de superficie. Es de terracería y posee un ancho promedio de 40 metros, incluyendo su derecho de vía. Además de ser el acceso principal a la mina subterránea, el camino es utilizado como camino vecinal de comunidades ribereñas.

### Áreas verdes (Áreas 3.19 y 3.20)

A ambos lados del camino de acceso existen dos polígonos de áreas verdes que totalizan 59.3564 ha (Tabla II.28).

*Tabla II.28. Áreas verdes – Zona Coyoles de la Unidad Molango*

| ID | No. de Área | Superficie (ha) |
|---|---|---|
| Área verde 4 | 3.19 | 26.3126 |
| Área verde 5 | 3.20 | 33.0438 |
| | **Total** | **59.3564** |

### Antigua báscula (Área 3.A.5)

Es un área de 0.1515 ha que alberga la antigua báscula mecánica de la unidad, actualmente en desuso. Era empleada para el pesaje de los camiones de trayecto largo con salida de producto terminado (nódulos).

En el presente esta zona no es operada por la Compañía Minera Autlán; sin embargo, al norte del polígono se ha posicionado un particular que realiza trabajos de manera independiente, sobre los cuales la compañía no tiene autoridad, control, ni supervisión.

#### II.2.2.2.4. Zonas Otongo y Crisolco

Las zonas Otongo y Crisolco se integran al **Polígono de Agrupación 4** (Figura II.39). Incluye las obras y áreas que se describen a continuación.

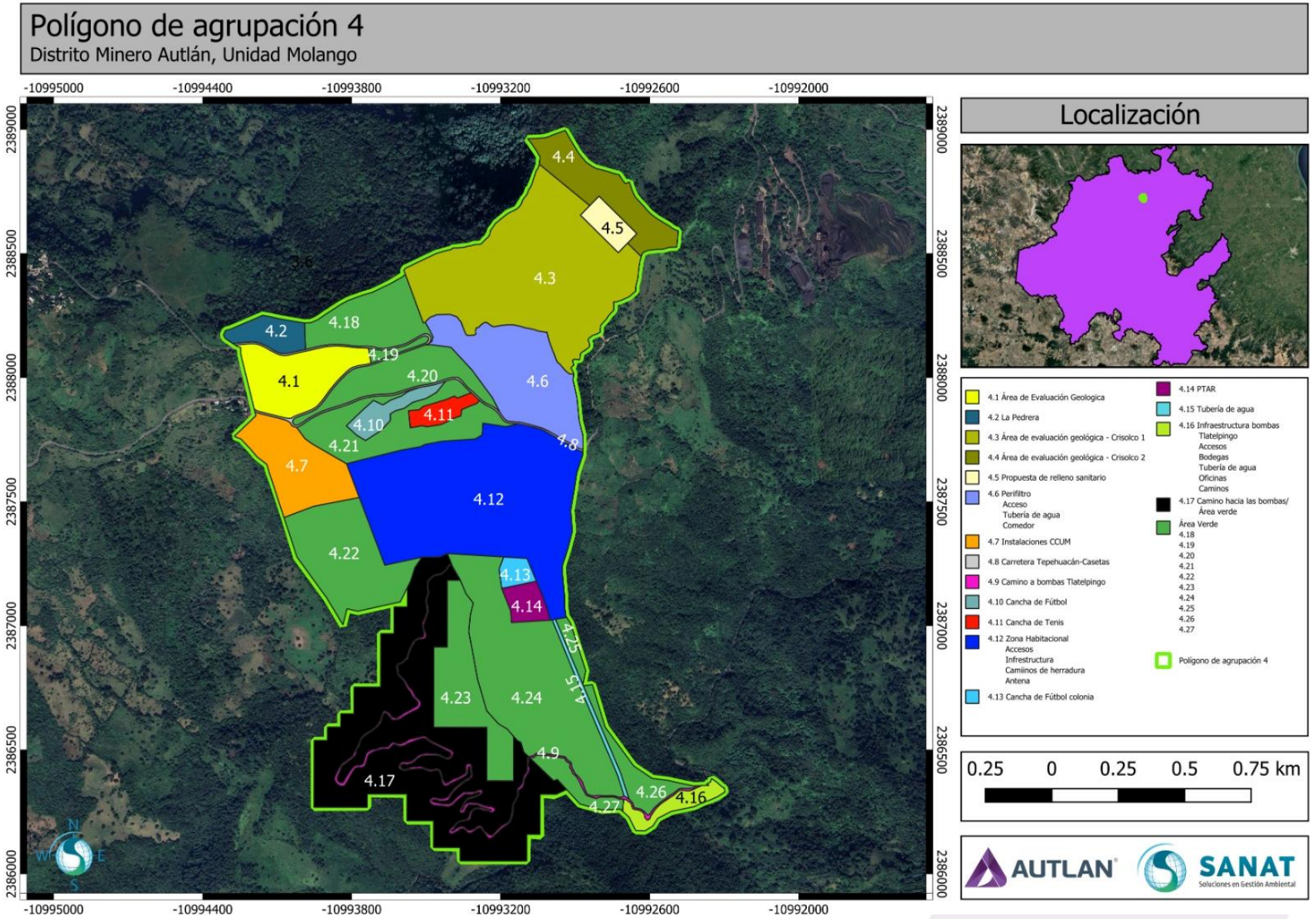



*Figura II.39. Zonas Otongo y Crisolco (Polígono de Agrupación 4) – Unidad Molango*

### Áreas de Evaluación Geológica (Áreas 4.1, 4.3 y 4.4)

Estas áreas, también llamadas Áreas de Interés Geológico, son sitios dentro del polígono general del proyecto, en donde se ha detectado la necesidad de realizar mayores estudios e investigaciones, por presentar características geológicas particulares, en donde los resultados de los trabajos de evaluación geológica y exploración determinarán la viabilidad o inviabilidad de explotación (condenación minera).

El estudio de estas áreas es relevante para abundar en el conocimiento del yacimiento de manganeso, especialmente si se tiene en cuenta que el Distrito Manganesífero de Molango es el más importante del país y uno de los más grandes del mundo.

Las evaluaciones geológicas que pretenden realizarse en estas áreas son fundamentales por diversas razones, entre las que destacan:

- **Caracterización y Aprovechamiento del Recurso**

El distrito alberga uno de los yacimientos de manganeso más importantes del mundo, por lo que es clave estudiar su composición, distribución y calidad para optimizar su extracción y evitar el desperdicio del mineral.

- **Planeación Minera y Optimización de la Explotación**

Los estudios geológicos permitirán diseñar métodos de explotación más eficientes y sostenibles, considerando la geomorfología, estructura y composición del yacimiento, lo que favorece una extracción más rentable y segura.

- **Gestión Ambiental y Sostenibilidad**

  Evaluaciones detalladas del yacimiento ayudarán a minimizar el impacto ambiental de la minería, permitiendo:

  (i) Identificar zonas de riesgo geológico.

  (ii) Implementar nuevas y mejores estrategias de mitigación de afectaciones al suelo, agua y aire.

  (iii) Diseñar el Plan de Cierre y Restauración.

- **Seguridad en las Operaciones Mineras**

  El conocimiento geológico permite detectar zonas inestables o con **potenciales riesgos geotécnicos**, reduciendo la posibilidad de colapsos y mejorando la seguridad de los trabajadores.

- **Exploración y Expansión de Reservas**

  Se podrán identificar nuevas áreas con potencial mineralógico, lo que permitirá realizar la planificación a largo plazo del aprovechamiento del recurso.

Así, los estudios y evaluaciones geológicas que se realizarán son esenciales para garantizar una explotación eficiente, segura y ambientalmente responsable del manganeso, asegurando su disponibilidad para futuras generaciones y contribuyendo al desarrollo económico de la región.

En el Polígono de Agrupación 4 se tienen tres Áreas de Evaluación Geológica (Tabla II.29).

*Tabla II.29. Áreas de Evaluación Geológica – Zona Otongo y Crisolco de la Unidad Molango*

| ID | No. de Área | Superficie (ha) |
|---|---|---|
| Área de Evaluación Geológica Zona 300 | 4.1 | 8.6042 |
| Área de Evaluación Geológica Crisolco 1 | 4.3 | 32.7751 |
| Área de Evaluación Geológica Crisolco 2 | 4.4 | 7.5389 |
| | **Total** | **48.9182** |

### La Pedrera (Área 4.2)

El área conocida como La Pedrera es una superficie de 2.8809 ha, en donde anteriormente se pretendía establecer una planta para manganeso cerámico. Esta área forma parte de los polígonos de exploración.

### Relleno sanitario propuesto (Área 4.5)

Se trata de un polígono de 2.0000 ha de superficie en el que, debido a sus características, la compañía ha considerado posible la construcción de un relleno sanitario.

Actualmente se desarrollan los estudios y análisis pertinentes para formular el proyecto ejecutivo del relleno, considerando para ello todas las variables y lineamientos que indica la Norma Oficial Mexicana NOM-083-SEMARNAT-2003. Una vez diseñado el proyecto, se someterá a consideración de la autoridad ambiental en el estado de Hidalgo, para obtener la autorización de impacto ambiental correspondiente, antes de iniciar su construcción.

No obstante, se precisa que el relleno sanitario se pretende sea tipo D y que cubra los siguientes requerimientos:

1) Garantizar un coeficiente de conductividad hidráulica de 1 X 10 $^{-5}$ con un espesor mínimo de 1 m, por condiciones naturales del terreno o mediante impermeabilización del sitio con barreras naturales o artificiales.
2) Compactación mínima de la basura de 300 kg/m$^3$.
3) Cobertura de los residuos al menos cada semana.
4) Evitar en ingreso de residuos peligrosos.
5) Control de fauna nociva y evitar ingreso de animales.
6) Cercar en su totalidad el sitio de disposición final.

El departamento de planeación trabajará la siguiente información:

- Levantamiento topográfico.
- Plano del proyecto.
- Vista sección del relleno.
- Vida útil de acuerdo con el depósito de residuos.
- Capacidad volumétrica de recepción.
- Caminos exteriores e interiores.
- Canales de desvío de agua pluvial (en su caso).
- Proyección de cierre- cobertura final.

Una vez teniendo esta información se determinará cuál será el mejor método constructivo; es decir, Tipo Trinchera o Tipo rampa, de conformidad con las condiciones del área.

*Tabla II. 30. Propuesta de Ubicación del Relleno Sanitario*

| Propuesta de Ubicación Relleno Sanitario Coordenadas UTM (WGS-84, Zona 14N) | | |
|---|---|---|
| ID | X | Y |
| 1 | 525983.34 | 2319246.71 |
| 2 | 526126.00 | 2319106.54 |
| 3 | 526055.92 | 2319035.21 |
| 4 | 525913.25 | 2319175.37 |

En la Tabla II.31 y Figura II.40 se muestra el tipo de uso de suelo y vegetación que existe en el lugar donde se pretende ubicar el Relleno Sanitario.

*Tabla II. 31 Usos de Suelo y Vegetación en donde se propone ubicar el Relleno Sanitario*

| Clave de vegetación | Tipos USV (Agrupado) | Tipos USV (natural) | Tipos USV/Veg. Sec. | Nombre de la geometría | Componente | Superficie del USV (ha) | Superficie de la geometría ($m^2$) | Superficie de incidencia ($m^2$) | Porcentaje de incidencia |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| BM | Bosque de mesófilo de montaña | Bosque de mesófilo de montaña | Bosque mesófilo de montaña | Propuesta de Relleno Sanitario | Obras | 21183.6541383 | 19999.93306732 | 18164.94339339 | 90.83 |
| PC | Pastizal cultivado | No aplicable | Pastizal cultivado | Propuesta de Relleno Sanitario | Obras | 112.547135031 | 19999.93306732 | 1834.989673932 | 9.17 |

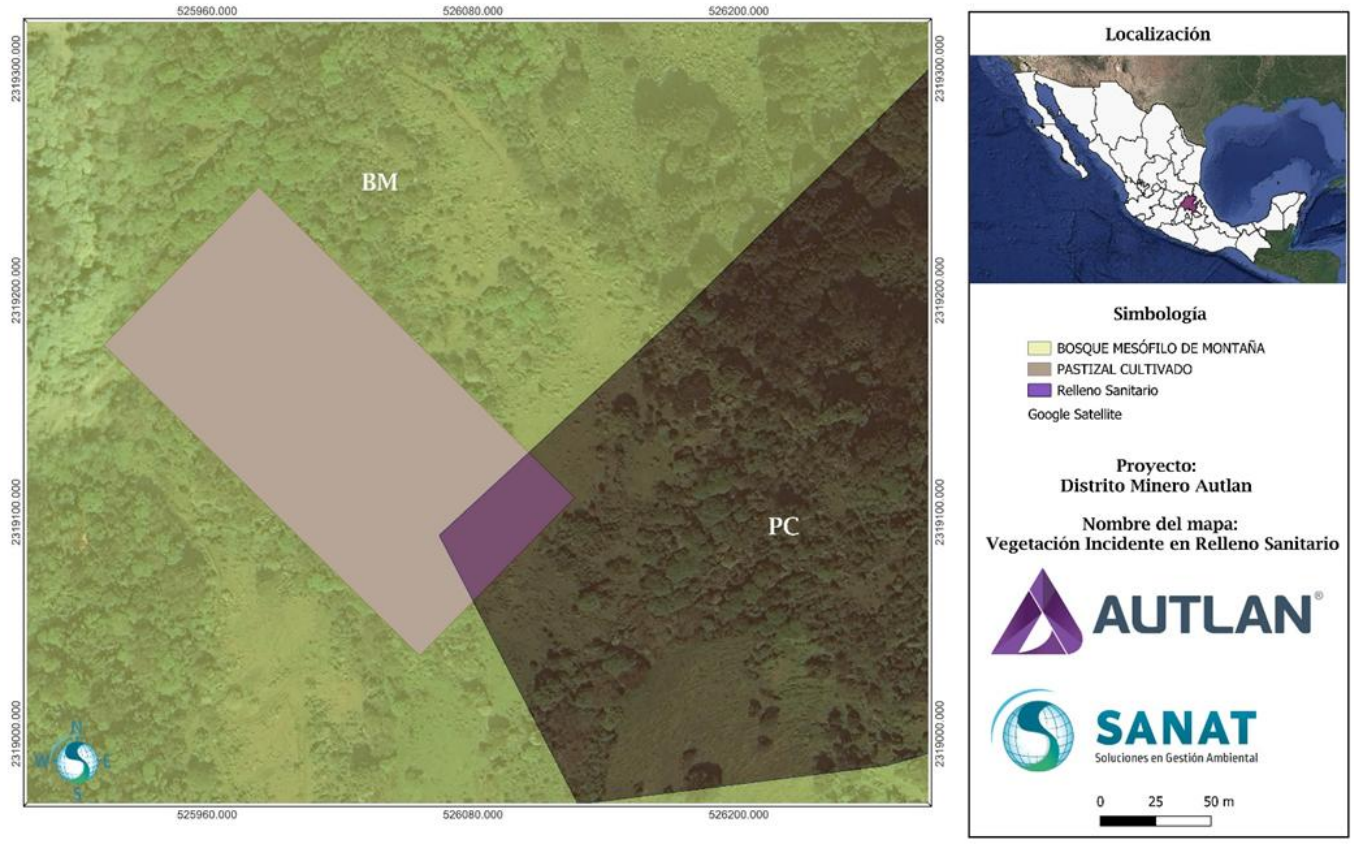



*Figura II. 40. Tipo de Uso de Suelo y Vegetación en donde se pretende ubicar el Relleno sanitario*

### Perifiltro (Área 4.6)

Se trata de una superficie de 14.0958 ha, en la que se localiza un perifiltro que elimina grandes partículas de sedimentos, suciedad e impurezas del agua. Este dispositivo funciona por decantación en un tanque vertical de 10 metros y 500 $m^3$ de capacidad. Se realiza así un filtrado primario del agua que llega desde la presa Tlaltepingo.

Posteriormente a la decantación, el agua es clorada mediante dosificación automatizada. En el polígono se tienen también accesos, la propia tubería de agua y un comedor.

### Instalaciones CCUM (Área 4.7)

Es un polígono de 8.994 ha de superficie, ocupado por instalaciones del Centro de Capacitación de la Unidad Molango (CCUM), en el que además se cuenta con instalaciones de hospedaje, destinadas a la recepción de visitas. Está construido en cinco niveles, con block y losa de concreto. Cuenta con alberca, áreas verdes, palapa, área para hiking (senderismo), comedor, cocina, un auditorio de usos múltiples y estacionamiento.

### Carretera Tepehuacán – Casetas (Área 4.8)

Se trata de un tramo de la Carretera Tepehuacán-Casetas que atraviesa de este a oeste el Polígono de Agrupación. Ocupa 1.7711 ha de superficie.

### Camino a bombas Tlatelpingo (Área 4.9)

Se trata de un camino de terracería que permite el acceso a la zona de bombeo de la presa Tlaltepingo desde la zona habitacional. Cubre la superficie de 2.8867 ha localizado dentro de un polígono de 40.9917 ha identificado como **Área 4.17**, que alberga zonas con vegetación.

### Cancha de fútbol (Área 4.10)

Es una cancha para los trabajadores de la empresa. Ocupa 2.3222 ha de superficie, es de pasto natural e incluye área de estacionamiento y áreas verdes.

### Cancha de tenis (Área 4.11)

Ocupa 1.7581 ha de superficie. Ocasionalmente se ha usado también para el aterrizaje de helicópteros.

### Zona habitacional (Área 4.12)

Conocida como Colonia Guadalupe u Otongo, esta zona habitacional de los empleados de la empresa conforma un polígono de 37.0443 ha. Las viviendas están construidas con block y techo de loza a dos aguas. Cuenta con calles pavimentadas, algunos comercios menores, iglesia, centro comunitario, auditorio, parques infantiles, gimnasio, escuela preescolar, primaria y secundaria, y la clínica que da servicio tanto a los empleados, personal de comunidades y habitantes (Figura II.41).




*Figura II.41. Zona Habitacional (Área 4.12) - Unidad Molango*

La colonia presenta accesos, infraestructura de servicio, caminos de herradura y una antena de telecomunicaciones.

### Cancha de fútbol de la colonia (Área 4.13)

A un costado de la zona habitacional se cuenta con una cancha de fútbol y usos múltiples, que ocupa un polígono de 1.211 ha y es destinada para uso de los habitantes de la colonia.

### Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (Área 4.14)

En un polígono colindante a la Zona Habitacional conocida como Colonia Guadalupe u Otongo, con 1.9420 ha de superficie, se encuentra instalada la planta de tratamiento que recibe el agua residual de las 222 casas de la colonia (figuras II.42 y II.43).

Tiene capacidad máxima de 281 $m^3$/día, sin embargo, actualmente opera con una carga promedio de 60 $m^3$/día.

El sistema consiste en tratamiento primario anaeróbico, tratamiento secundario a base de aeración extendida y desinfección a base de cloración; y tratamiento terciario a través de medios filtrantes. La eficiencia de la planta es de 95 %.

El agua tratada se recircula y reúsa en la zona industrial; específicamente el efluente se utiliza en el sistema de enfriamiento de la planta de beneficio.



*Figura II.42. Planta de Tratamiento de Agua de la Zona Habitacional - Unidad Molango*




*Figura II.43. Planta de Tratamiento de Agua de la Unidad Molango*

### Tubería de agua (Área 4.15)

Es una tubería de 6'' de diámetro, derecho de vía de 15 metros y longitud de 715 metros (0.9927 ha de superficie), que conduce el agua por gravedad, desde la presa Tlatelpingo hacia el área del perifiltro, donde el agua es acondicionada.

### Infraestructura bombas Tlaltepingo (Área 4.16)

El polígono ocupa 2.209 ha de superficie y alberga las instalaciones para el bombeo de agua de la presa Tlaltepingo hacia las áreas operativas.

El agua que es utilizada para las diferentes actividades de operación, y en los servicios de la zona de Molango y la zona habitacional de Otongo, proviene de la presa Tlaltepingo. La presa fue construida por la compañía en 1967 y tiene concesionado su aprovechamiento mediante el Titulo número 09HGO101151/26ISDL16 expedido por CONAGUA con vigencia hasta marzo de 2036, por un volumen de 374,017 $m^3$/año, del cual en los próximos 5 años dos días, serán cedidos a la CONAGUA 84,043 $m^3$, manteniendo para sus operaciones un volumen de 289, 974 $m^3$. Dicho título concesiona también el uso de 16,590 $m^2$ de la zona federal.

En el área del polígono se cuenta además con infraestructura de apoyo:

- Oficinas, que son utilizadas por el personal que opera el sistema de bombeo.
- Bodegas, que contienen materiales propios para el sistema de bombeo, tales como herramienta, tubería, lubricantes, entre otros.
- Cuarto de bombas.
- Comedor.
- Tubería de agua. Es una tubería ranurada, de 12'' de diámetro, situada en el margen derecho de la presa.

### Áreas verdes (Áreas 4.18 a 4.27)

Se cuenta con nueve polígonos de áreas verdes distribuidos en toda la zona (Tabla II.32). En conjunto estas áreas cubren 77.3358 ha y han sido conservadas y reforestadas por la empresa.

*Tabla II.32. Áreas verdes – Zona Otongo y Crisolco de la Unidad Molango*

| ID | No. de Área | Superficie (ha) |
|---|---|---|
| Área verde 1 | 4.19 | 0.6149 |
| Área verde 2 | 4.18 | 7.734 |
| Área verde 3 | 4.22 | 12.621 |
| Área verde 4 | 4.21 | 9.708 |
| Área verde 5 | 4.20 | 7.2525 |
| Área verde 6 | 4.24 | 23.7872 |
| Área verde 7 | 4.27 | 2.1016 |
| Área verde 8 | 4.26 | 3.2242 |
| Área verde 9 | 4.25 | 0.9111 |
| Área verde 10 | 4.23 | 9.3813 |
| | **Total** | **77.3358** |

### II.2.2.3. Unidad Naopa

La Unidad Naopa se sitúa al sur de la Unidad Molango y al norte de la Unidad Nonoalco, en los municipios de Molango de Escamilla y Lolotla.

Corresponde al **Polígono de Agrupación 5**, en el que se incluyen diversas obras y actividades que se describen a continuación, así como dos áreas que, aunque separadas de la unidad, están relacionadas con ella (Figura II.44).

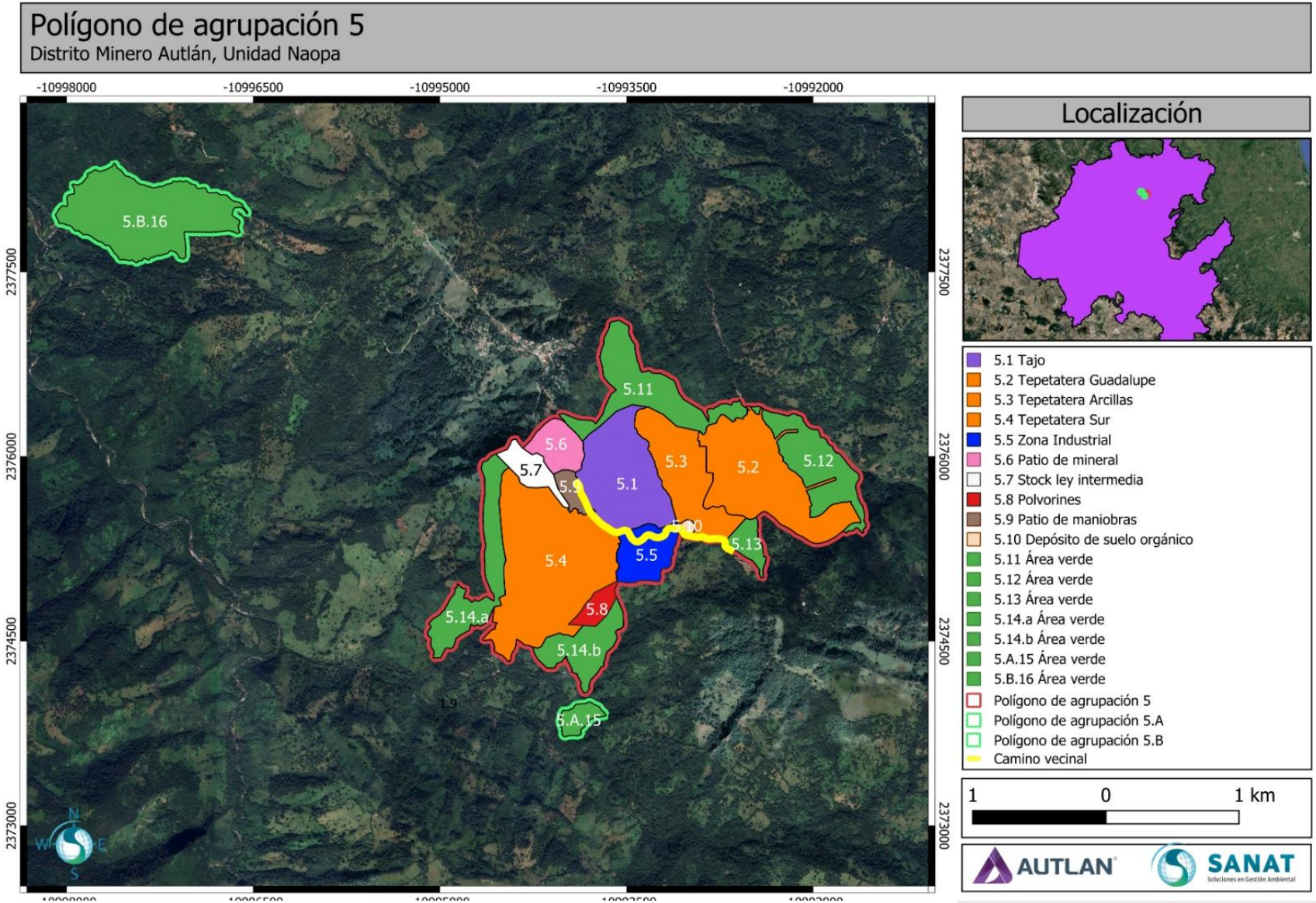



*Figura II.44. Unidad Naopa – Polígono de Agrupación 5*

### Tajo (Área 5.1)

El Tajo Naopa conforma un polígono identificado como Área 5.1, con superficie de 45.036 ha, aunque el tajo mismo tendrá una extensión superficial máxima de 28.13 ha.

Obtuvo su autorización de impacto ambiental en el año 1997, dando con ello inicio a las actividades de explotación. Posteriormente, cuando fue necesaria la intervención de áreas con vegetación forestal, Compañía Minera Autlán tramitó y obtuvo, en 2012, la autorización de cambio de uso de suelo de terrenos forestales, comenzando así el desarrollo de un plan de explotación más intensivo.

El cuerpo mineralizado en el Tajo Naopa está conformado por carbonatos de manganeso, con contenidos de manganeso del 28 % y 7 % de Hierro. Es de tipo estratiforme, con ocho (8) metros de espesor; tiene rumbo de N 45° SW, y reservas potenciales de 8 millones de toneladas.

A partir de resultados favorables de las evaluaciones geológicas del yacimiento, la superficie del tajo ha ido creciendo, como dan cuenta las autorizaciones de ampliación que fueron emitidas por la autoridad ambiental en materia de impacto ambiental y cambio de uso de suelo.

Los valores de producción del Tajo Naopa, de 2016 a 2024, se incluyen en la Tabla II.33. En 2024 la producción disminuyó con respecto a la de 2023, con un total de 548,261 toneladas.

*Tabla II.33. Producción del Tajo Naopa 2016-2024*

| Año | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 | 2023 | 2024 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Toneladas | 369,873.00 | 468,977.00 | 452,515.00 | 519,163.00 | 606,975.00 | 542,260.00 | 558,371.00 | 700,012.00 | 548,261.00 |

Con base en las reservas disponibles, el plan de producción del tajo considera el minado de un total de 7,701,767 toneladas de carbonatos de manganeso, con una densidad de 3.2 g/cc, y 27,154,736 toneladas de material estéril, con una densidad de 2.8 g/cc y humedad promedio del 3 %. Dado que la minería es una industria de procesos prolongados, que depende significativamente de las campañas de exploración, se prevé que en el corto y mediano plazo se manejen los volúmenes de material que se indican en la Tabla II.34.

*Tabla II.34. Plan de producción Tajo Naopa*

| Año | Mineral | Estéril | Total | TPM | RD | Tiro |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 2024 | 396,426 | 1,303,894 | 1,700,319 | 212,540 | 3.3 | 1.4 |
| 2025 | 623,150 | 2,447,723 | 3,070,873 | 255,906 | 3.9 | 1.6 |
| 2026 | 623,253 | 2,982,128 | 3,605,381 | 300,448 | 4.8 | 3.5 |
| 2027 | 598,847 | 2,901,726 | 3,500,573 | 291,714 | 4.8 | 3.0 |
| 2028 | 599,246 | 2,871,520 | 3,470,767 | 289,231 | 4.8 | 2.3 |
| 2029 | 617,256 | 2,401,541 | 3,018,797 | 251,566 | 3.9 | 2.2 |
| 2030 | 598,066 | 2,422,144 | 3,020,210 | 251,684 | 4.0 | 2.1 |
| 2031 | 602,573 | 2,216,647 | 2,819,221 | 234,935 | 3.7 | 1.8 |
| 2032 | 598,477 | 2,381,278 | 2,979,755 | 248,313 | 4.0 | 1.9 |
| 2033 | 615,816 | 1,903,501 | 2,519,317 | 209,943 | 3.1 | 2.0 |
| 2034 | 618,973 | 1,402,127 | 2,021,100 | 168,425 | 2.3 | 2.1 |
| 2035 | 614,237 | 1,097,262 | 1,711,499 | 142,625 | 1.8 | 2.2 |
| 2036 | 595,351 | 820,244 | 1,415,595 | 117,966 | 1.4 | 2.3 |

TPM = Toneladas por mes
RD = Relación de Descapote

Considerando el precio del manganeso y la cantidad de mineral contenido en la roca, el diseño final de la explotación está basado en un modelo de cono flotante. Este diseño y el programa de explotación establecido arrojan un costo de producción equilibrado y estable, garantizando de esta forma el desarrollo adecuado del proyecto.

Las características geométricas de diseño para el tajo (Figura II.45) están definidas a partir de los estudios de estabilidad de taludes, que determinan el ángulo más apropiado para realizar las obras de manera segura:

- Angulo particular de 70°
- Angulo final de 50°
- Bancos de 10.0 metros de altura y sub-bancos de 5.0 metros.
- Berma de protección de 4 metros.
- Ancho de banco variable (mínimo 15 metros) y 10 % de pendiente.

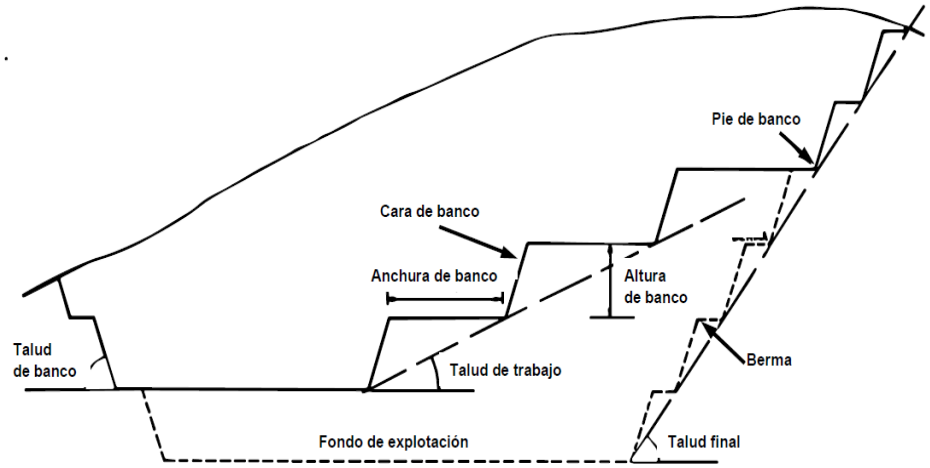



*Figura II.45. Esquema de los parámetros de diseño del tajo*

**Profundidad:** la cota inicial del tajo es de 1,280 msnm, actualmente la cota más profunda es de 1,120 msnm; aún falta profundizarlo por 50 metros más. La cota mínima de extracción será de 1,060 msnm, dando como una profundidad de excavación de 220 m (figuras 46 y 47).

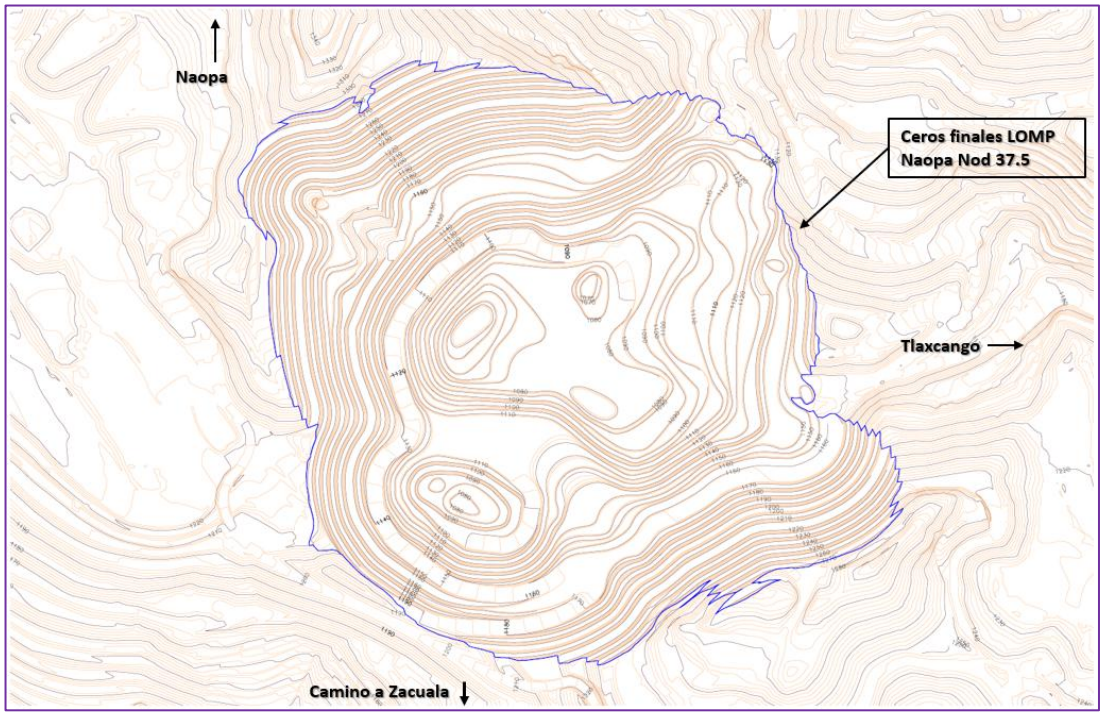



*Figura II.46. Planta del Tajo Naopa*

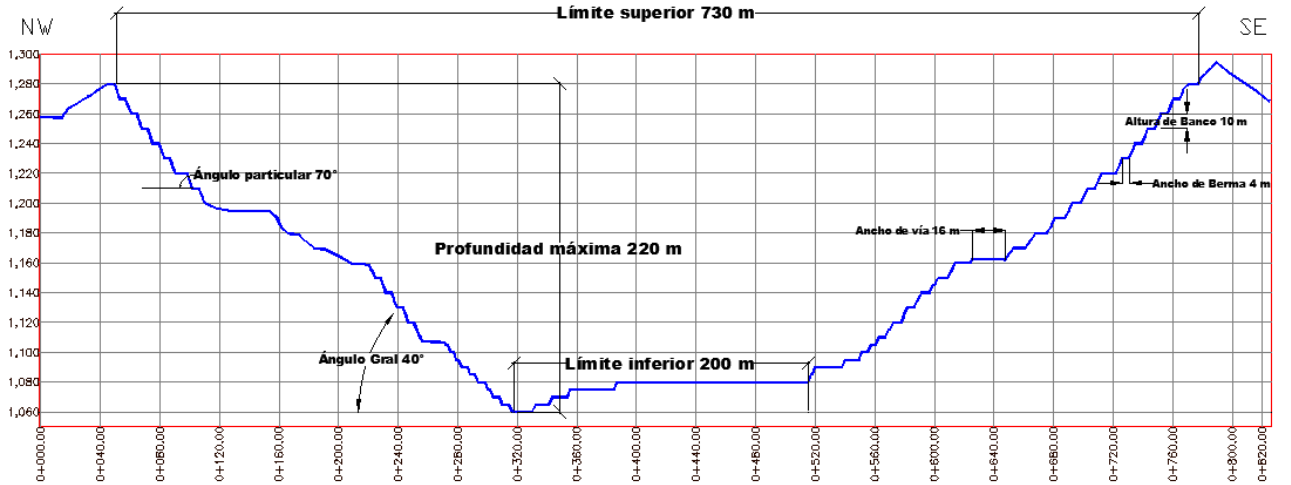



*Figura II.47. Perfil del Tajo Naopa*

Conforme continúe desarrollándose el tajo se tendrá una expansión horizontal en zonas donde la explotación no ha descendido tanto. Esta expansión no implicará la ocupación de áreas adicionales a las del polígono actual.

Constantemente se realiza el monitoreo de estabilidad en el tajo.

**Ancho de caminos**: el ancho de vía recomendable es de 18 m, de acuerdo con los datos técnicos de prácticas operativas y estándares mineros.

**Pendiente de caminos**: Se considera una pendiente máxima con 12° y un radio de curvatura de 7.5 m, con un peralte máximo de 3°.

**Numero de bancos**: de acuerdo con la profundidad máxima de excavación se consideran 22 bancos.

**Altura máxima de banco**: a partir de los estudios previos que determinaron la calidad de la roca se estableció una altura de banco de 10 m, con un ángulo particular de 70°.

### Tepetateras (Áreas 5.2, 5.3 y 5.4)

La Unidad Naopa cuenta con dos tepetateras en operación destinadas al depósito de tepetate, que ocupan 80.8769 ha. A través del **Proyecto DMA** que se presenta en este documento se pretende obtener autorización para una nueva tepetatera (Tepetatera Guadalupe), con lo que se llegaría, en conjunto, a una superficie total de depósito de 138.0722 ha (Tabla II.35).

*Tabla II.35. Tepetateras – Unidad Naopa*

| ID | No. de Área | Superficie (ha) | Capacidad máxima Millones de Ton |
|---|---|---|---|
| Tepetatera Guadalupe **(obra nueva)** | 5.2 | 57.1953 | 24.00 |
| Tepetatera Norte | 5.3 | 10.1245 | 2.10 |
| Tepetatera Sur | 5.4 | 70.7524 | 11.60 |
| | **Total** | **138.0722** | **37.70** |

### Análisis del tepetate

Con el propósito de conocer la caracterización geoquímica del tepetate que se genera con la explotación del Tajo Naopa y que se deposita en las tepetateras, se realizaron análisis de laboratorio (Tabla II.36) con base en las especificaciones que determina la Norma Oficial Mexicana NOM-157-SEMARNAT-2009, que establece los elementos y procedimientos para instrumentar planes de manejo de residuos mineros.

Los resultados de tales análisis **(Anexo II.11)** indican que el tepetate analizado:

- Presenta concentraciones de metales totales dentro de los límites máximo-permisibles por la Norma.
- Cumple con las concentraciones máximas permisibles de metales lixiviables.
- No es generador de drenaje ácido, ni peligroso por su pH.

*Tabla II.36. Resultados del análisis del tepetate*

| Residuos | Clave | Concentraciones totales (base seca) | Movilidad (MWMP) | pH | PN/PA | Peligrosidad |
|---|---|---|---|---|---|---|
| **POLVOS DEL HORO** | SALIDA HORNO | Las concentraciones de Pb superan los LMP (100 mg/Kg) en base seca: Pb=129 mg/Kg | Cumplimiento con los LMP (5.0 mg/L) de Pb en pruebas de movilidad: Pb=**0,0064** mg/L | Cumplimiento LMP =< 4; > 10 pH=**8.65** | PN=395 PA= 11.3 PN/PA = **35** | ✓No peligroso LMP =≤ 3 |

| Residuos | Clave | Concentraciones totales (base seca) | Movilidad (MWMP) | pH | PN/PA | Peligrosidad |
|---|---|---|---|---|---|---|
| **TEPETATE** | OP - NAOPA | Las concentraciones no superan los LMP en base seca. | Cumplimiento con los LMP en pruebas de movilidad. | Cumplimiento LMP =≤ 4; > 10<br>pH=**9.21** | PN=487<br>PA= 60.3<br>PN/PA = **8.08** | ✓No peligroso LMP =≤ 3 |
| **TEPETATE** | COMEXTETITLA-UG | Las concentraciones de Pb superan los LMP (100 mg/Kg) en base seca:<br>Pb=257 mg/Kg | Cumplimiento con los LMP (5.0 mg/L) de Pb en pruebas de movilidad:<br>Pb=<**0.005** mg/L | Cumplimiento LMP =≤ 4; > 10<br>pH=**8.68** | PN=277<br>PA= 8.75<br>PN/PA = **31.7** | ✓No peligroso LMP =≤ 3 |
| **JALES** | PANTEON | Las concentraciones de Pb superan los LMP (100 mg/Kg) en base seca:<br>Pb=246 mg/Kg | Cumplimiento con los LMP (5.0 mg/L) de Pb en pruebas de movilidad:<br>Pb=**0,0078** mg/L | Cumplimiento LMP =≤ 4; > 10<br>pH=**8.62** | PN=132<br>PA= 0.31<br>PN/PA = **40.8** | ✓No peligroso LMP =≤ 1.2 |

### Tepetatera Guadalupe (Área 5.2)

La Tepetatera Guadalupe, también conocida como Tepetatera Norte II, es un **área nueva** para el depósito de material rocoso de descapote, que se pretende localizar al este del Tajo Naopa, dentro de un polígono de 57.1953 ha de superficie.

Un tramo de la rampa de esta tepetatera ocuparía un área en donde en el pasado hubo banqueo para dar estabilidad al banco de material San Francisco, ya fuera de operaciones. El resto de la superficie que ocuparía la tepetatera alberga vegetación forestal de Bosque Mesófilo de Montaña, en donde se ha solicitado la autorización para el Cambio de Uso de Suelo de Terrenos Forestales (CUSTF) en 37.9590 ha.

La base de la Tepetatera Guadalupe tendrá una franja de protección de 60 m con respecto al río Salado.

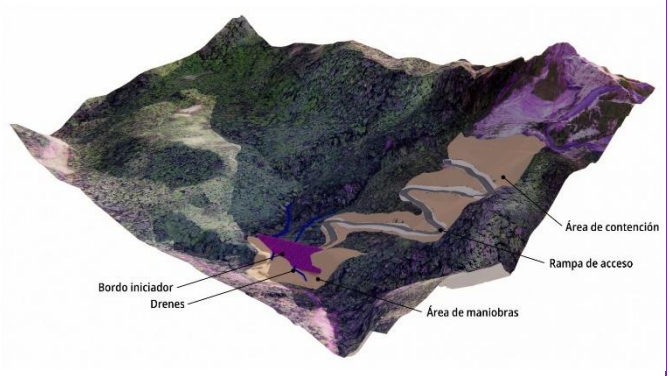
Las características de diseño de la tepetatera se exponen en la Tabla II.37.

*Tabla II.37. Parámetros de diseño de la Tepetatera Guadalupe – Unidad Naopa*

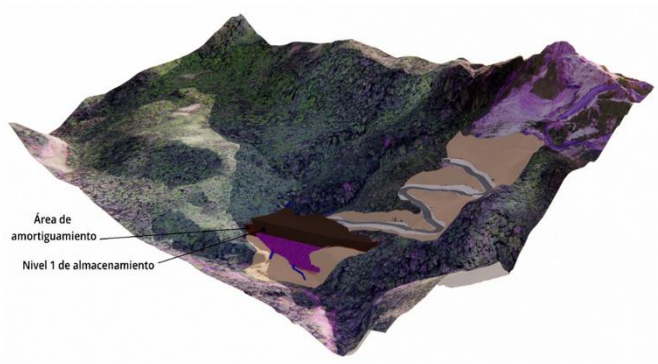
| Parámetro | Valor |
|---|---|
| Altura de banco | 4 - 5 m |
| Ancho de berma | 5 m |
| Ángulo de reposo del material a depositar (Limolita) | 15° - 25° |
| Talud | 0.5:1.0 (H:V). |

| Parámetro | Valor |
|---|---|
| Elevación del bordo iniciador | 860 msnm |
| Elevación inicial | 878 msnm |
| Elevación final | 1,055 msnm |
| Etapas de sobre-elevación | 13 |
| Altura neta promedio del depósito | 80 m |
| Capacidad total de almacenamiento | 8.9 $Mm^3$ |

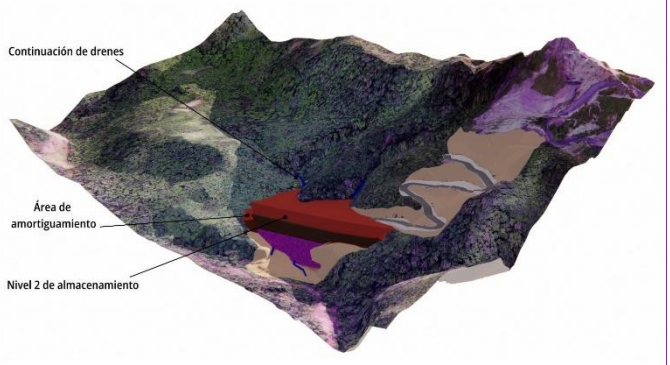
En la Figura II.48 se muestra la proyección de las obras y niveles de desarrollo de la Tepetatera Guadalupe.



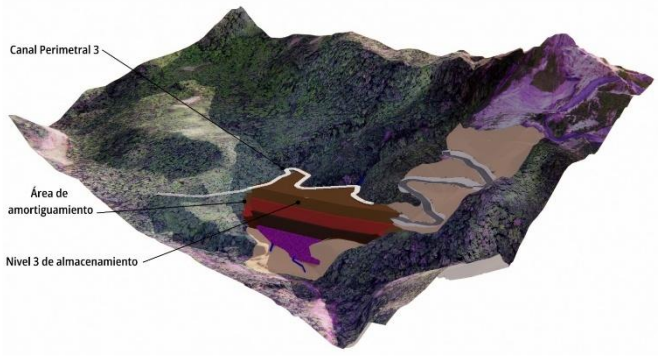

Bordo iniciador



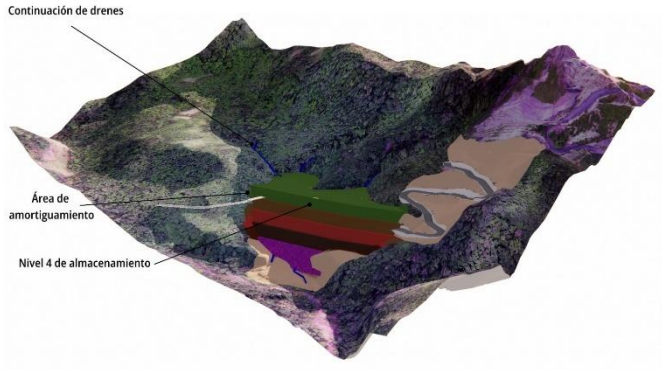

Nivel 1 de almacenamiento



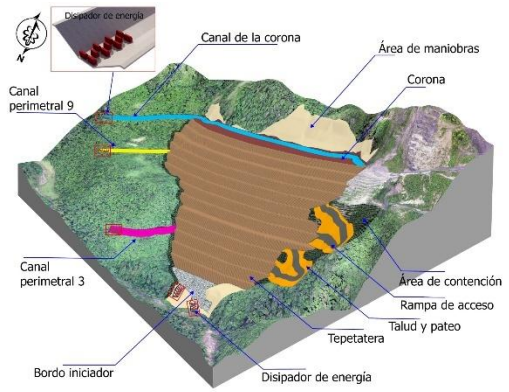

Nivel 2 de almacenamiento




Nivel 3 de almacenamiento




Nivel 3 de almacenamiento




Obras que integran la tepetatera Guadalupe

*Figura II.48. Proyección de las obras y niveles de desarrollo de la Tepetatera Guadalupe – Unidad Naopa*

### Tepetatera Norte (Área 5.3)

El depósito de arcillas se ubica en 10.1245 ha de superficie, al sur-sureste del Tajo Naopa.

Llamada así porque antes el espacio fue usado como banco de arcilla. Inició actividades en 2021, se encuentra al 70 % de su capacidad.

### Tepetatera Sur (Área 5.4)

Como su nombre lo indica, esta tepetatera se sitúa al sur del Tajo Naopa, ocupando 70.7524 ha de superficie.

Esta tepetatera operó de 2012 a 2021, y en la mayor parte de su superficie puede iniciarse ya su cierre. Sin embargo, en uno de sus extremos, dentro de los límites de la tepetatera actual autorizada, se elevará el nivel de depósito, a lo que se llamará como Tepetatera Expansión Sur. Se estima iniciar el incremento de altura en 2025.

Las características de la Tepetatera Expansión Sur se indican en la Tabla II.38. El modelo de desarrollo de esta tepetatera se ilustra en las figuras II.49 y II.50.

*Tabla II.38. Parámetros de diseño de la Tepetatera Expansión Sur – Unidad Naopa*

| Parámetro | Valor |
|---|---|
| Altura de banco | 15 m |
| Ancho de berma | 7.5 m |
| Ángulo de reposo del material a depositar (Limolita) | 34° |
| Talud | 1:1.5 |
| Elevación inicial | 1,020 msnm |
| Elevación final | 1,200 msnm |
| Capacidad total de almacenamiento | 5.8 $Mm^3$ |

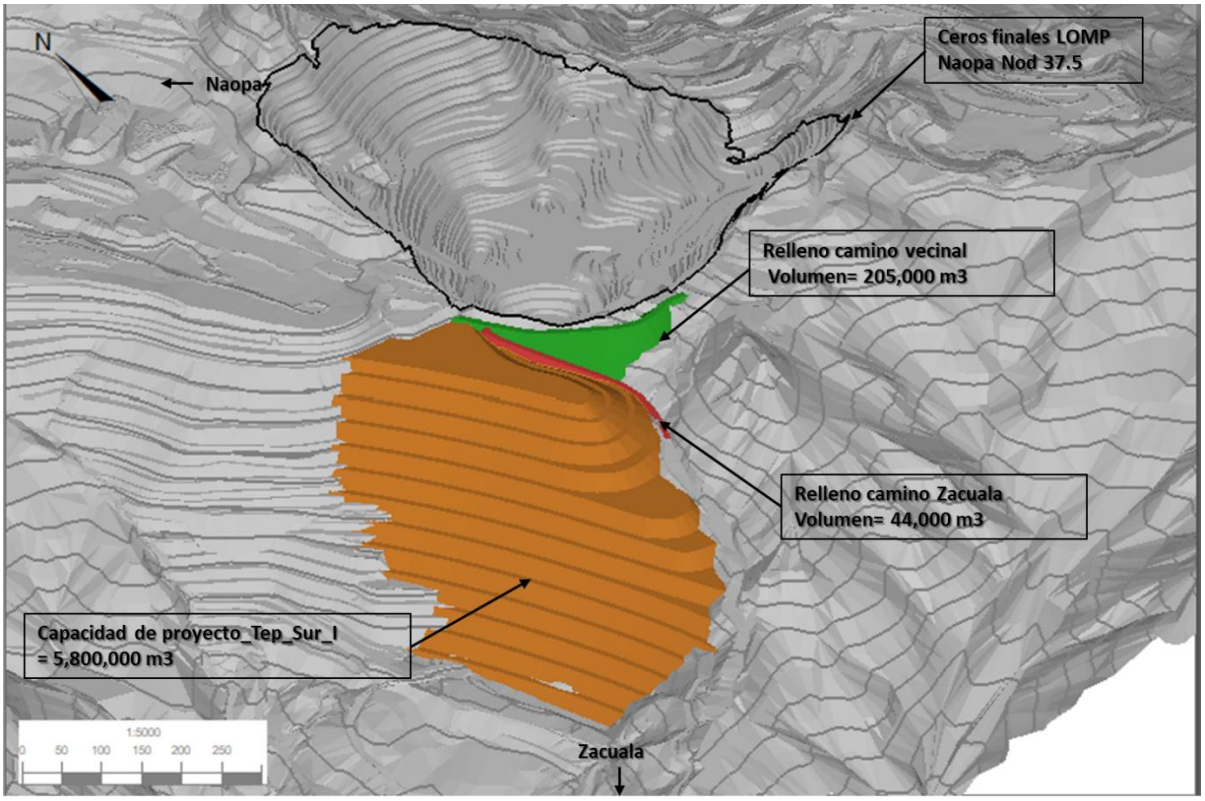



*Figura II.49. Modelo de desarrollo de la Tepetatera Expansión Sur – Unidad Naopa*

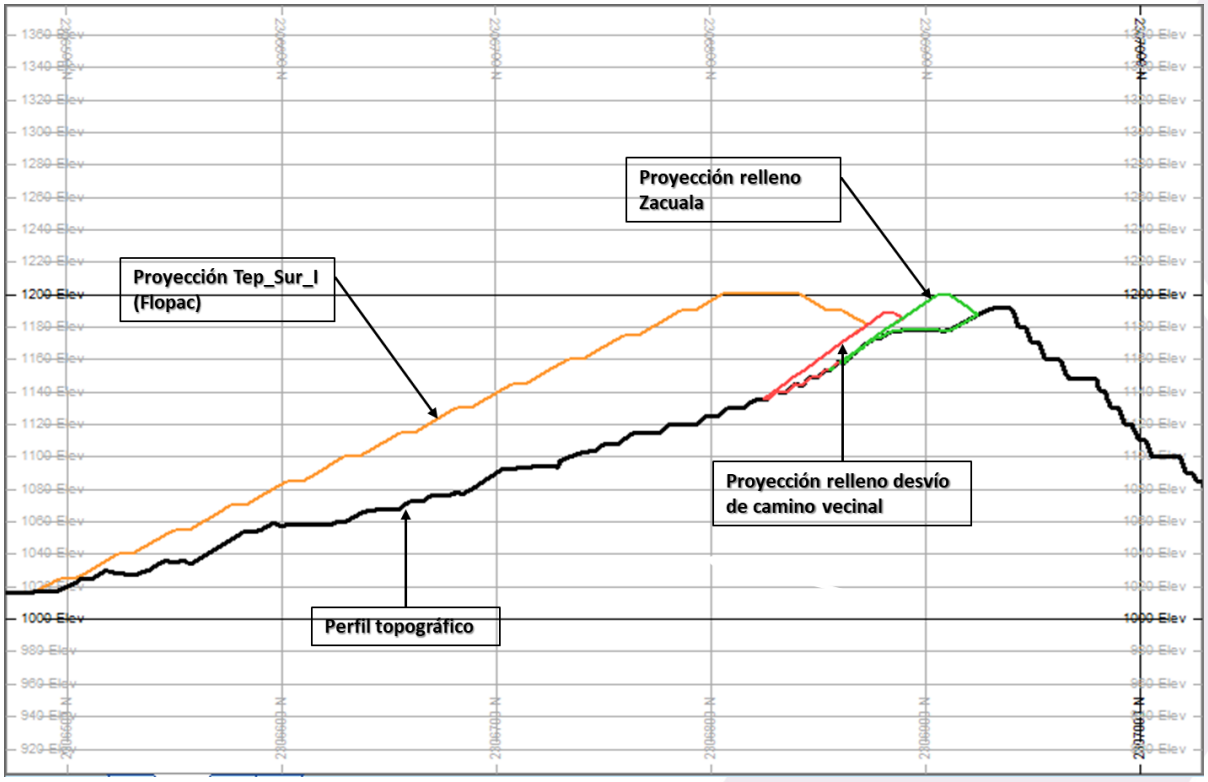



*Figura II.50. Sección Tepetatera Expansión Sur – Unidad Naopa*

Aguas abajo de la Tepetatera Sur hay un depósito de material de corte para el camino vecinal que cruza por las operaciones de Naopa y conduce hacia comunidades aguas abajo (Figura II.51).



*Figura II.51. Depósito de material de corte – Unidad Naopa*

### Zona industrial (Área 5.5)

Establecida en una superficie de 17.2487 ha, en esta área se concentran las áreas que dan servicio y soporte a las operaciones tales como:

- **Taller de mantenimiento**: El taller de mantenimiento de mina es esencial para garantizar que los equipos y maquinaria utilizados en las operaciones mineras funcionen de manera eficiente y segura. En este tipo de taller, se realizan una variedad de actividades centradas en la reparación, inspección, calibración, diagnóstico, pruebas de funcionamiento, soldadura, entrenamiento y seguridad, y el mantenimiento preventivo de los equipos (Figura II.52).

  Cuenta con ocho bahías:

  - Bahía 1: cambio de llantas.
  - Bahías 2, 3 y 4: reparación de equipo.
  - Bahía 5: Soldadura.
  - Bahía 6: Equipos Komatsu o equipos en general.
  - Bahía 7: Servicio de máquinas.
  - Bahía 8: servicio de lavado de unidades. Se cuenta con dos bahías de lavado, aunque sólo una está habilitada. El agua que se recolecta en la trampa de agua se manda a la PTAR.

  Adicionalmente el área dispone de contenedores de residuos, almacén de residuos peligrosos (Figura II.53), almacén de residuos peligrosos sólidos, señalización, área de clasificación de residuos.

Las canaletas de contención de derrames del taller descargan en una fosa exterior.




*Figura II.52. Taller de mantenimiento Diésel – Unidad Naopa*




*Figura II.53. Almacén Temporal de Residuos Peligrosos – Unidad Naopa*

i. **Inspección de equipos**: Los técnicos realizan inspecciones visuales y funcionales de maquinaria como excavadoras, cargadoras, camiones de volteo, sistemas de transporte (cintas, por ejemplo), perforadoras y equipos de ventilación. Se verifican posibles desgastes, fugas o fallos que puedan comprometer el rendimiento.

ii. **Mantenimiento preventivo**: Se ejecutan tareas periódicas como cambios de aceite, revisión de filtros, ajuste de componentes mecánicos, y reemplazo de piezas desgastadas para evitar fallos inesperados. Esto incluye tareas de limpieza y lubricación de componentes para reducir el riesgo de daños a largo plazo.

iii. **Reparación de componentes**: Si un equipo presenta fallos, los técnicos se encargan de realizar las reparaciones necesarias. Esto puede incluir trabajos en el motor, sistema hidráulico, transmisión, frenos o sistemas eléctricos. Algunas reparaciones pueden implicar el desmontaje completo de partes del equipo.

iv. **Soldadura y fabricaciones especiales**: Cuando se detectan partes dañadas que no se pueden reemplazar fácilmente, se pueden realizar trabajos de soldadura o fabricación de nuevos componentes. Esto requiere de personal especializado en trabajos de metalurgia y soldadura.

v. **Calibración de sistemas**: En el caso de equipos electrónicos o de control automático (como sistemas de monitoreo de producción o control de maquinaria), se realizan calibraciones y ajustes para asegurar que el equipo esté funcionando dentro de los parámetros requeridos.

vi. **Diagnóstico de fallos**: Usando herramientas especializadas y sistemas informáticos, los técnicos pueden identificar fallos complejos que no son evidentes a simple vista. Esto puede incluir el uso de escáneres de diagnóstico para revisar sistemas electrónicos o hidráulicos.

vii. **Gestión de repuestos y herramientas**: Es crucial tener un inventario adecuado de repuestos para facilitar la reparación rápida de equipos. Además, se lleva un control de las herramientas necesarias para el mantenimiento y reparación de los equipos.

viii. **Entrenamiento y seguridad**: Como parte del mantenimiento, se llevan a cabo capacitaciones periódicas para el personal, especialmente en temas de seguridad laboral, uso adecuado de herramientas, y procedimientos de trabajo seguro.

ix. **Pruebas de funcionamiento**: Después de cualquier intervención, se realizan pruebas para verificar que el equipo funcione correctamente y no presente fallos adicionales. Estas pruebas pueden incluir ensayos de carga o pruebas de rendimiento.

- **Área de lavado de camiones:** se realizan actividades esenciales para mantener la limpieza y el buen funcionamiento de los camiones de carga que operan dentro de las minas. Estas actividades no solo tienen un impacto en la estética del equipo, sino que también contribuyen a la seguridad, el mantenimiento y la eficiencia operativa.

  i. **Lavado de la carrocería**: Los camiones, especialmente los de carga pesada, suelen estar cubiertos de tierra y residuos de mineral. En el área de lavado, se utiliza agua a alta presión para eliminar estos residuos.

  ii. **Limpieza de las ruedas y ejes**: Es importante limpiar a fondo las ruedas y ejes, ya que la acumulación de barro y tierra puede afectar el rendimiento y desgaste de los frenos, llantas y componentes mecánicos.

  iii. **Limpieza de la caja de carga**: El interior de la caja de carga (donde se transportan los minerales) también se limpia para evitar la acumulación de residuos que puedan dificultar las futuras cargas o generar obstrucciones.

  iv. A medida que se lavan los camiones, los operarios también realizan una inspección visual para identificar posibles fallos, como fugas de aceite, daños en las llantas, grietas en la estructura o cualquier otro problema que pueda requerir mantenimiento.

  Es importante precisar que esta área de lavado cuenta con piso de concreto y una fosa de captación de líquidos que tiene un sistema de separación de grasas y aceites por decantación, la cual de igual manera se conduce a una planta de tratamiento de grasas y aceites.

- **Planta de separación de grasas y aceites:** Las aguas residuales provenientes del lavado de camiones, se recolectan y se transportan hacia la planta de tratamiento.

- **Oficinas:** son un componente clave en la gestión y coordinación de todas las actividades que ocurren en una operación minera. Aunque las actividades más visibles y físicas de la mina se desarrollan en el campo, las oficinas en la superficie son el centro de la toma de decisiones, la planificación y la supervisión**.** Las oficinas están construidas con block y techo de lámina galvanizada. Incluye a las siguientes áreas:

  **i. Planeación de la Mina**

  **ii. Gerencia General**

**iii. Área de Topografía**

**iv. Otras Áreas Administrativas**

- **Almacenes**: se tienen en naves que están construidas con paredes de block, estructura metálica y techo de lámina. Es un edificio de dos niveles que posee oficinas del almacenista y una nave general para el almacenamiento de todo el material de la cadena de suministro. Cuenta con sistema contraincendios móvil y salida de emergencia. Además, tiene un contenedor separado para el almacenamiento de llantas de grandes dimensiones y una nave exclusiva para el almacenamiento de sustancias químicas, como pinturas, solventes y lubricantes (Figura II.54).



Almacén



Almacén de Lubricantes

*Figura II.54. Almacenes – Unidad Naopa*

- **Tanques de combustibles**: las áreas de almacenamiento de combustibles constan de una bahía de autoconsumo que posee dos tanques, uno con capacidad de 60,000 litros, y otro de 40,000 litros. Separado de éstos, en el patio de maniobras y arranque, se tiene un tercer tanque de 40,000 litros de capacidad. Todos los tanques se encuentran sobre un piso de concreto, provisto con un dique de contención para derrames (Figura II.55).



*Figura II.55. Estación de suministro de combustible – Unidad Naopa*

La estación de servicio de combustible cuenta con los siguientes controles de seguridad:

i. Plan de Contingencia contra incendios.

ii. Póliza de seguro para daños ambientales.

iii. Extintores de polvo químico seco de capacidad de 10 y 35 kg, rodantes, en perfectas condiciones y con cargas vigentes.

iv. Kit contra derrame de hidrocarburos.

v. Señalética de seguridad de comunicación de riesgos y restrictivas, así como la identificación.

vi. Transporte dentro de la unidad minera

El abastecimiento de combustible a la Unidad Minera se realiza por medio de un tercero. La empresa se asegura de que el proveedor cuente con:

a) Póliza de seguro que cubra la afectación a terceros y medio ambiente.

b) Autorización para Transporte de Sustancias Peligrosas emitida por la Secretaría de Comunicaciones y Transportes.

c) Documentos que acrediten el mantenimiento, control y operación segura de la unidad.

d) Rombos o rótulos de señalamiento e identificación, indicando el número de Naciones Unidas y el nombre del producto que transporta.

e) Equipos básicos de emergencia (kit de derrames de hidrocarburos, extintor, hoja de seguridad del diésel, gasolina y aceite).

f) Procedimiento para la descarga de combustible y lubricantes hacia los tanques de almacenamiento.

- **Vivero y CEA:** es un vivero forestal que produce y alberga individuos de especies vegetales para las actividades de reforestación, como álamos, pioche, cedro, jaboncillo y fresno; ornamentales (jacaranda), e individuos rescatados, como orquídeas, palmas y bromelias (Figura II.56).

  En él se emplean diferentes técnicas de producción (por estacas, en amelgas y en bolsas) y se prepara sustrato compuesto por diferentes materiales, como son composta tipo *bocashi*, lombricomposta, tierra de monte, perlita, vermiculita y *peat moss*.

  La capacidad del vivero permite albergar aproximadamente 13,000 plantas en bolsa al año. La superficie total del vivero es pequeña, pero cuenta con una nave para la producción de planta, almacén de materiales, almacén de herramientas y semillas, almacén de sustrato, aula-comedor, área de almacenamiento de tierra de monte, área de amelgas.

  En esta misma área hay un espacio que se usa como Centro de Educación Ambiental (CEA), en el que se realizan actividades diversas. Contiguo a esta área están los almacenes de residuos de manejo especial y residuos sólidos urbanos.

  Las bodegas están construidas con block y loza de concreto, en tanto que los almacenes son de materiales recuperados para promover la economía circular.



Centro de Educación Ambiental



Vivero

*Figura II.56. Centro de Educación Ambiental y Vivero – Unidad Naopa*

- **Cisterna de agua:** es un depósito que se alimenta con agua de manantial, cuya extracción se encuentra concesionada por la CONAGUA. Posee cuarto de instrumentación y antena (Figura II.57).



Cisterna y cuarto de control



Cisterna



Cuarto de control

*Figura II.57 Cisterna de agua – Unidad Naopa*

- **Comedor:** se tiene un comedor para empleados, personal sindicalizado y contratistas. Está fabricado con tablaroca y tiene hornos de microondas para calentar alimentos.
- **Área de Geología**: en esta área se tienen en resguardo los núcleos que son extraídos por geología para analizar las reservas de minerales.
- **Área de seguridad y capacitación**: es el área encargada de verificar que se cumplan las normativas de seguridad laboral; realiza auditorías y forma al personal en protocolos de seguridad.
- **Estacionamientos.**
- **Servicios sanitarios.**
- **Planta de tratamiento:** La planta de tratamiento es de tipo anaerobio. Posee un cárcamo de 5,000 litros, filtro, tanque de cloración y planta de recirculación. La descarga del efluente se usa en riego de caminos, aunque anteriormente también se usaba para infiltración. Los lodos del proceso alimentan a la parte aerobia

  En la Tabla II.39 se muestran las especificaciones de la Planta de Tratamiento de la Zona Industrial de la Unidad Naopa, y en la Figura II.58 se muestra una imagen de la PTAR y se ilustra el tipo de equipamiento que posee.

*Tabla II.39. Especificaciones de la PTAR de la Unidad Naopa*

| | |
|---|---|
| **Tipo de proceso** | Anaeróbico: a base de un tanque digestor, tanques de aeración, tanque clarificador, tanque de desinfección y digestor aeróbico de lodos. |
| **Año de instalación** | 2012 |
| **Capacidad** | 7.5 $m^3$/día |
| **Volumen autorizado** | 3,717 $m^3$/año |
| **Volumen tratado** | 26 $m^3$/mes |
| **Volumen tratado** | 372.5 $m^3$/año |
| **Personas beneficiadas** | 200 trabajadores |
| **Norma aplicable** | Cumple con las NOM-001-SEMARNAT-1996 y NOM-003-SEMARANT-1997 |







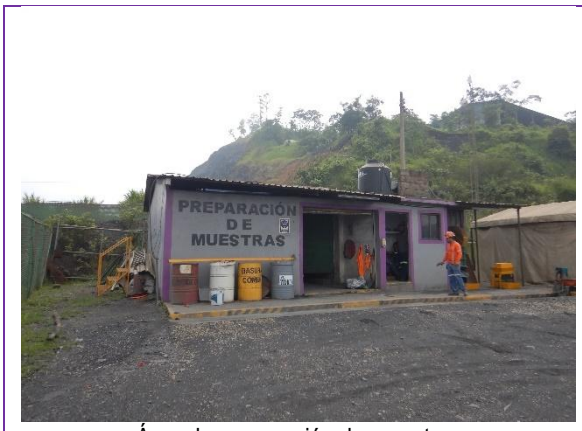

*Figura II.58. PTAR de la Unidad Naopa*

- **Almacén de residuos peligrosos**: es un área para el almacenamiento exclusivo de residuos peligrosos que son generados por las actividades de mantenimiento a las unidades pesadas. Está construida con paredes de block, techo de loza, fosa de captación de derrames, tierras físicas, pararrayos, y parrilla para derrames, con pendiente y cárcamo de contención. Asimismo, se tienen kits o equipamiento para atención de derrames (material absorbente, contenedores y bolsas).

  Los residuos peligrosos son resguardados temporalmente, para posteriormente ser entregados a empresas autorizadas para el transporte y disposición final.

- **Camino Vecinal:** El camino que comunica la comunidad de Naopa con la carretera principal (Molango - Lolotla) cruza por las inmediaciones de esta zona industrial (5.5). Es frecuentemente utilizado por los pobladores y se mantiene en uso común gracias a la buena convivencia, compromisos sociales, reglas de tránsito, señalización de seguridad, señalización por bandereros y otros controles que aseguran operaciones y tránsito seguros.

- **Almacén de núcleos:** incluye el área de preparación de muestras, sala de capacitación, oficina de operaciones y área médica con ambulancia (Figura II.59).



Área de preparación de muestras



Muestras geológicas

*Figura II.59. Almacén de núcleos - Unidad Naopa*

### Patio de mineral (Área 5.6)

Es una superficie de 12.104 ha que se utiliza para el acopio temporal del mineral de alta ley que se extrae del tajo, para posteriormente enviarlo a la Unidad Molango.

Es un área de tránsito continuo, entre vaciado y cargado de camiones. Los camiones que trasladan el mineral viajan cubiertos con lonas para mitigar las emisiones a la atmósfera.

### Stock ley intermedia (Área 5.7)

Este polígono de 9.3111 ha se encuentra destinado a la clasificación del mineral y su acopio temporal. El mineral depositado en esta área es igualmente enviado a su procesamiento a la Unidad Molango, pero no de manera prioritaria.

Para que el procesamiento de mineral que se realiza sea equilibrado, en esta área se realiza una mezcla mecánica de mineral de alta ley con ley intermedia, empleando para ello cargadores frontales y palas.

Como apoyo a estas actividades, existe un equipo de control de calidad que se asegura que el mineral cumpla con los estándares requeridos.

### Polvorines (Área 5.8)

Los polvorines ocupan un polígono de 5.7287 ha. Se trata de dos instalaciones pata el resguardo separado del alto explosivo u los artificios o iniciadores.

Cuentan con el Permiso General 4917-HGO por parte de la SEDENA. Su construcción se realizó de acuerdo con las especificaciones que establece esta dependencia, quien inspecciona las instalaciones y el manejo que se hace de los explosivos dos veces al mes.

El Polvorín 1 almacena alto explosivo y tiene capacidad de 75,000 kg, en tanto que el Polvorín 2 almacena hasta 5,000 k de artificios (Figura II.60).

Ambas instalaciones están desplantadas sobre cimientos de mampostería, con loza de concreto. Las paredes son de bloque hueco relleno con arena, elaborado a partir de concreto y agregados. Los techos se conformaron con vigueta y bovedilla.

La ventilación se realiza a través de huecos equivalentes a un bloque, intercalados en las paredes, tanto en la parte superior como inferior de la estructura. Cuenta con pararrayos conectado a tierra mediante placas de cobre para descargar la energía estática.

La puerta de acceso es de madera, con alma metálica a prueba de balas, con porta-candado antirrobo y cerrojo tipo Winchester.




Polvorín No. 1




Polvorín No. 2

*Figura II.60. Polvorines - Unidad Naopa*

### Patio de maniobras (Área 5.9)

Es una superficie de 5.164 ha en donde se realiza la recepción, clasificación y almacenamiento temporal del mineral. También se desarrollan maniobras de equipos, inspección y mantenimiento de equipos, control de tráfico, seguridad y vigilancia, así como registro y seguimiento de materiales.

### Depósito de suelo (Área 5.10)

Este polígono, de 1.1463 ha, se destina al acopio de suelo orgánico producto del despalme de las áreas de intervención en la Unidad Naopa. El suelo es almacenado para posteriormente ser usado en la etapa de cierre como base para las actividades de reforestación.

El material vegetal que resulta del desmonte se reduce en la media de lo posible a menor tamaño, para ser usado como mejorador del suelo, tanto en áreas susceptibles de erosión cercanas al tajo, como en el depósito de suelo.

### Áreas verdes (Áreas 5.11, 5.12, 5.13, 5.14 a. 5.14 b, 5.A.15 y 5.B.16)

En la Unidad Naopa se tienen polígonos de áreas verdes y un polígono de conservación, ambos en operación y cuatro polígonos proyectados. En conjunto, las siete superficies suman 179.5618 ha (Tabla II.40).

*Tabla II.40. Áreas verdes –Unidad Naopa*

| ID | No. de Área | Superficie (ha) |
|---|---|---|
| Área verde 2 | 5.11 | 34.0426 |
| Área verde 3 (área nueva) | 5.13 | 6.3855 |
| Área verde 4 (área nueva) | 5.12 | 28.4648 |
| Área verde 5 (área nueva) | 5: A.15 | 5.1919 |
| Área verde 6a (área nueva) | 5.14.a | 18.4925 |
| Área verde 6b (área nueva) | 5.14.b | 27.2433 |
| Área de conservación | 5.B.16 | 59.7412 |
| | **Total** | **179.5618** |

En la Tabla II.41 se muestran las coordenadas de ubicación de las áreas verdes nuevas

*Tabla II. 41. Coordenadas de las áreas verdes nuevas*

| Ubicación las áreas verde nuevas Coordenadas UTM (WGS-84, Zona 14N) | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Área verde 5.A.15** | | | | | | | | | | | |
| **ID** | **X** | **Y** | **ID** | **X** | **Y** | **ID** | **X** | **Y** | **ID** | **X** | **Y** |
| 1 | 525103.87 | 2305554.99 | 19 | 525124.89 | 2305459.09 | 37 | 524916.40 | 2305312.52 | 58 | 524951.45 | 2305520.76 |
| 2 | 525111.24 | 2305548.90 | 20 | 525117.16 | 2305459.42 | 38 | 524906.31 | 2305310.15 | 59 | 524959.08 | 2305527.85 |
| 3 | 525123.51 | 2305546.25 | 21 | 525103.58 | 2305444.78 | 39 | 524886.78 | 2305305.90 | 60 | 524959.13 | 2305535.66 |
| 4 | 525141.16 | 2305537.51 | 22 | 525097.23 | 2305440.86 | 40 | 524871.47 | 2305319.62 | 61 | 524967.15 | 2305543.28 |
| 5 | 525151.58 | 2305532.87 | 23 | 525081.06 | 2305440.60 | 41 | 524870.62 | 2305328.63 | 62 | 524976.19 | 2305553.45 |
| 6 | 525154.78 | 2305527.02 | 24 | 525077.53 | 2305438.10 | 42 | 524871.60 | 2305346.36 | 63 | 524980.93 | 2305550.43 |
| 7 | 525157.11 | 2305519.45 | 25 | 525073.35 | 2305415.41 | 43 | 524863.74 | 2305349.03 | 64 | 524991.42 | 2305551.68 |
| 8 | 525160.81 | 2305513.89 | 26 | 525055.66 | 2305401.12 | 44 | 524869.50 | 2305360.47 | 65 | 525010.04 | 2305554.66 |
| 9 | 525173.60 | 2305500.49 | 27 | 525034.44 | 2305377.04 | 45 | 524869.12 | 2305368.59 | 66 | 525019.02 | 2305555.83 |
| 10 | 525182.10 | 2305495.08 | 28 | 525021.22 | 2305368.30 | 46 | 524864.94 | 2305379.26 | 67 | 525034.68 | 2305555.96 |
| 11 | 525191.54 | 2305486.49 | 29 | 525012.60 | 2305357.62 | 47 | 524859.54 | 2305386.72 | 68 | 525050.88 | 2305558.22 |
| 12 | 525196.51 | 2305473.35 | 30 | 525011.35 | 2305344.06 | 48 | 524851.73 | 2305416.66 | 69 | 525067.16 | 2305566.55 |
| 13 | 525203.14 | 2305468.33 | 31 | 525015.45 | 2305326.19 | 49 | 524850.22 | 2305433.31 | 70 | 525077.75 | 2305568.51 |
| 14 | 525187.74 | 2305460.93 | 32 | 525005.28 | 2305320.49 | 50 | 524859.93 | 2305455.47 | 71 | 525089.73 | 2305565.09 |
| 15 | 525172.70 | 2305459.71 | 33 | 524986.76 | 2305312.95 | 51 | 524857.75 | 2305462.55 | 72 | 525094.84 | 2305560.70 |
| 16 | 525164.16 | 2305458.09 | 34 | 524957.74 | 2305315.75 | 52 | 524861.29 | 2305478.75 | ----- | ----- | ----- |
| 17 | 525149.85 | 2305454.75 | 35 | 524948.82 | 2305315.59 | 53 | 524874.20 | 2305502.51 | ----- | ----- | ----- |
| 18 | 525138.22 | 2305456.39 | 36 | 524932.71 | 2305315.38 | 54 | 524879.77 | 2305506.20 | ----- | ----- | ----- |
| **Área verde 5.14.a** | | | | | | | | | | | |
| **ID** | **X** | **Y** | **ID** | **X** | **Y** | **ID** | **X** | **Y** | **ID** | **X** | **Y** |
| 1 | 524650.98 | 2305983.53 | 15 | 525331.47 | 2306141.22 | 29 | 525180.79 | 2305836.06 | 43 | 524951.55 | 2305791.56 |
| 2 | 524684.87 | 2305975.46 | 16 | 525319.41 | 2306130.05 | 30 | 525163.10 | 2305834.50 | 44 | 524951.93 | 2305792.94 |
| 3 | 524707.90 | 2305984.78 | 17 | 525303.31 | 2306118.19 | 31 | 525141.72 | 2305798.13 | 45 | 524940.44 | 2305797.04 |
| 4 | 524719.31 | 2305996.34 | 18 | 525290.49 | 2306118.83 | 32 | 525084.10 | 2305732.64 | 46 | 524945.65 | 2305801.34 |
| 5 | 524749.42 | 2306053.41 | 19 | 525269.39 | 2306100.10 | 33 | 525069.78 | 2305687.23 | 47 | 524943.84 | 2305818.00 |
| 6 | 524851.66 | 2306089.22 | 20 | 525284.67 | 2306053.79 | 34 | 525076.47 | 2305671.18 | 48 | 524939.16 | 2305829.08 |
| 7 | 524875.75 | 2306077.02 | 21 | 525256.10 | 2305992.28 | 35 | 525053.51 | 2305639.76 | 49 | 524903.86 | 2305894.52 |
| 8 | 524912.27 | 2306075.13 | 22 | 525206.66 | 2305947.54 | 36 | 525041.29 | 2305637.14 | 50 | 524901.85 | 2305918.24 |
| 9 | 524953.16 | 2306059.40 | 23 | 525197.62 | 2305922.69 | 37 | 525026.98 | 2305644.79 | 51 | 524866.32 | 2305871.93 |
| 10 | 525028.66 | 2306147.01 | 24 | 525192.05 | 2305888.75 | 38 | 525012.85 | 2305678.00 | 52 | 524829.29 | 2305857.58 |
| 11 | 525123.13 | 2306141.34 | 25 | 525191.84 | 2305888.77 | 39 | 525007.94 | 2305697.20 | 53 | 524813.64 | 2305825.34 |
| 12 | 525206.74 | 2306225.96 | 26 | 525187.79 | 2305879.24 | 40 | 525016.00 | 2305710.83 | 54 | 524756.43 | 2305825.00 |
| 13 | 525277.84 | 2306359.94 | 27 | 525181.21 | 2305870.03 | 41 | 524984.65 | 2305767.72 | 55 | 524687.99 | 2305890.50 |
| 14 | 525326.50 | 2306247.22 | 28 | 525184.29 | 2305851.91 | 42 | 524983.12 | 2305780.28 | 56 | 524661.45 | 2305935.90 |
| **Área verde 5.14.b** | | | | | | | | | | | |
| **ID** | **X** | **Y** | **ID** | **X** | **Y** | **ID** | **X** | **Y** | **ID** | **X** | **Y** |
| 1 | 524394.73 | 2306352.28 | 25 | 523884.61 | 2306129.95 | 49 | 524189.37 | 2306325.13 | 73 | 524287.66 | 2307131.46 |

| Ubicación las áreas verde nuevas Coordenadas UTM (WGS-84, Zona 14N) | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 2 | 524413.65 | 2306297.55 | 26 | 523879.46 | 2306145.70 | 50 | 524199.94 | 2306328.18 | 74 | 524289.26 | 2307154.64 |
| 3 | 524361.16 | 2306287.72 | 27 | 523867.34 | 2306159.47 | 51 | 524210.35 | 2306344.92 | 75 | 524285.69 | 2307260.16 |
| 4 | 524344.94 | 2306261.67 | 28 | 523897.28 | 2306192.53 | 52 | 524227.01 | 2306335.29 | 76 | 524265.86 | 2307311.22 |
| 5 | 524319.16 | 2306193.00 | 29 | 523954.18 | 2306228.65 | 53 | 524241.29 | 2306331.65 | 77 | 524258.25 | 2307337.66 |
| 6 | 524295.44 | 2306164.92 | 30 | 523972.34 | 2306253.95 | 54 | 524299.34 | 2306369.32 | 78 | 524261.78 | 2307342.75 |
| 7 | 524258.42 | 2306141.72 | 31 | 523987.13 | 2306261.57 | 55 | 524358.58 | 2306332.95 | 79 | 524271.63 | 2307380.30 |
| 8 | 524227.92 | 2306150.79 | 32 | 523993.55 | 2306284.04 | 56 | 524358.70 | 2306332.71 | 80 | 524305.85 | 2307391.24 |
| 9 | 524209.26 | 2306138.93 | 33 | 524003.17 | 2306294.75 | 57 | 524359.28 | 2306368.16 | 81 | 524340.41 | 2307427.99 |
| 10 | 524183.87 | 2306155.77 | 34 | 524029.47 | 2306346.82 | 58 | 524352.83 | 2306384.69 | 82 | 524343.86 | 2307428.28 |
| 11 | 524175.95 | 2306111.41 | 35 | 524040.54 | 2306365.25 | 59 | 524333.66 | 2306405.09 | 83 | 524370.61 | 2307439.43 |
| 12 | 524108.18 | 2306072.93 | 36 | 524056.41 | 2306384.46 | 60 | 524324.30 | 2306433.82 | 84 | 524469.17 | 2307339.29 |
| 13 | 524073.48 | 2306047.97 | 37 | 524060.86 | 2306403.75 | 61 | 524298.84 | 2306493.10 | 85 | 524434.89 | 2307314.14 |
| 14 | 524055.75 | 2305987.61 | 38 | 524057.51 | 2306429.04 | 62 | 524288.60 | 2306547.09 | 86 | 524413.29 | 2307279.41 |
| 15 | 524041.48 | 2305972.30 | 39 | 524075.18 | 2306431.36 | 63 | 524289.64 | 2306596.56 | 87 | 524414.73 | 2307246.12 |
| 16 | 523995.75 | 2305974.84 | 40 | 524082.33 | 2306467.82 | 64 | 524285.40 | 2306658.20 | 88 | 524404.61 | 2307201.38 |
| 17 | 523957.83 | 2305901.93 | 41 | 524109.53 | 2306438.08 | 65 | 524285.36 | 2306702.77 | 89 | 524405.58 | 2307134.80 |
| 18 | 523902.40 | 2305899.76 | 42 | 524126.33 | 2306427.43 | 66 | 524290.52 | 2306717.54 | 90 | 524393.51 | 2307085.65 |
| 19 | 523908.79 | 2305951.50 | 43 | 524144.70 | 2306426.75 | 67 | 524296.01 | 2306744.61 | 91 | 524422.56 | 2306764.78 |
| 20 | 523892.00 | 2305973.07 | 44 | 524153.18 | 2306414.64 | 68 | 524277.23 | 2306861.86 | 92 | 524446.51 | 2306638.71 |
| 21 | 523881.31 | 2305998.15 | 45 | 524134.43 | 2306366.66 | 69 | 524278.04 | 2306897.20 | 93 | 524432.07 | 2306592.87 |
| 22 | 523887.52 | 2306046.89 | 46 | 524133.63 | 2306352.07 | 70 | 524273.54 | 2306953.48 | 94 | 524432.38 | 2306518.45 |
| 23 | 523861.25 | 2306072.48 | 47 | 524145.48 | 2306355.69 | 71 | 524278.84 | 2307060.27 | 95 | 524443.09 | 2306377.34 |
| 24 | 523860.41 | 2306097.65 | 48 | 524176.88 | 2306341.51 | 72 | 524285.05 | 2307116.50 | 96 | 524422.98 | 2306368.79 |
| Área verde 5.13 | | | | | | | | | | | |
| ID | X | Y | ID | X | Y | ID | X | Y | ID | X | Y |
| 1 | 526103.30 | 2306795.66 | 21 | 526338.70 | 2306832.34 | 41 | 526377.28 | 2306704.84 | 61 | 526376.39 | 2306547.14 |
| 2 | 526249.54 | 2306960.26 | 22 | 526337.47 | 2306827.71 | 42 | 526380.72 | 2306696.06 | 62 | 526377.32 | 2306537.92 |
| 3 | 526259.77 | 2306954.66 | 23 | 526338.29 | 2306824.74 | 43 | 526381.26 | 2306679.38 | 63 | 526379.35 | 2306530.85 |
| 4 | 526267.73 | 2306951.82 | 24 | 526337.22 | 2306817.06 | 44 | 526382.36 | 2306666.76 | 64 | 526385.00 | 2306517.45 |
| 5 | 526274.09 | 2306950.78 | 25 | 526340.57 | 2306810.38 | 45 | 526399.16 | 2306668.10 | 65 | 526367.02 | 2306506.28 |
| 6 | 526280.59 | 2306950.01 | 26 | 526341.81 | 2306807.41 | 46 | 526400.29 | 2306657.72 | 66 | 526348.39 | 2306537.47 |
| 7 | 526288.06 | 2306950.18 | 27 | 526342.35 | 2306806.40 | 47 | 526400.03 | 2306655.03 | 67 | 526351.42 | 2306563.47 |
| 8 | 526294.57 | 2306951.05 | 28 | 526344.97 | 2306797.70 | 48 | 526399.36 | 2306651.88 | 68 | 526349.67 | 2306571.21 |
| 9 | 526302.56 | 2306953.36 | 29 | 526348.28 | 2306791.05 | 49 | 526397.80 | 2306648.99 | 69 | 526336.28 | 2306590.36 |
| 10 | 526308.89 | 2306956.20 | 30 | 526352.55 | 2306787.15 | 50 | 526398.95 | 2306645.95 | 70 | 526304.93 | 2306630.61 |
| 11 | 526315.24 | 2306959.75 | 31 | 526355.15 | 2306782.32 | 51 | 526398.65 | 2306643.88 | 71 | 526298.03 | 2306638.20 |
| 12 | 526325.96 | 2306968.18 | 32 | 526358.49 | 2306776.84 | 52 | 526395.96 | 2306636.90 | 72 | 526252.75 | 2306661.03 |
| 13 | 526326.65 | 2306964.85 | 33 | 526364.73 | 2306769.12 | 53 | 526394.04 | 2306614.60 | 73 | 526182.93 | 2306707.88 |
| 14 | 526337.05 | 2306936.11 | 34 | 526368.95 | 2306760.12 | 54 | 526392.97 | 2306612.16 | 74 | 526160.82 | 2306718.73 |
| 15 | 526338.51 | 2306922.65 | 35 | 526372.98 | 2306750.09 | 55 | 526386.72 | 2306604.66 | 75 | 526144.70 | 2306726.09 |
| 16 | 526337.19 | 2306916.32 | 36 | 526376.23 | 2306740.41 | 56 | 526382.76 | 2306595.67 | 76 | 526131.59 | 2306732.60 |
| 17 | 526339.34 | 2306895.61 | 37 | 526376.91 | 2306725.08 | 57 | 526383.44 | 2306592.21 | 77 | 526110.48 | 2306753.54 |
| 18 | 526332.94 | 2306862.32 | 38 | 526376.09 | 2306722.25 | 58 | 526383.20 | 2306585.36 | 78 | 526105.68 | 2306781.66 |
| 19 | 526340.91 | 2306842.50 | 39 | 526376.22 | 2306716.38 | 59 | 526379.70 | 2306581.64 | ----- | ----- | ----- |
| 20 | 526338.71 | 2306838.29 | 40 | 526375.81 | 2306713.03 | 60 | 526377.30 | 2306549.84 | ----- | ----- | ----- |
| Área verde 5.12 | | | | | | | | | | | |
| ID | X | Y | ID | X | Y | ID | X | Y | ID | X | Y |
| 1 | 526278.26 | 2307799.62 | 53 | 527084.41 | 2307231.68 | 105 | 527022.94 | 2306905.74 | 157 | 526584.03 | 2307323.63 |
| 2 | 526311.87 | 2307799.50 | 54 | 527074.80 | 2307220.38 | 106 | 527028.33 | 2306909.85 | 158 | 526563.48 | 2307342.28 |
| 3 | 526338.69 | 2307803.49 | 55 | 527075.73 | 2307211.73 | 107 | 527034.40 | 2306913.89 | 159 | 526563.73 | 2307351.35 |
| 4 | 526365.73 | 2307795.17 | 56 | 527072.90 | 2307194.56 | 108 | 527040.80 | 2306917.27 | 160 | 526551.42 | 2307370.06 |
| 5 | 526391.66 | 2307773.44 | 57 | 527073.66 | 2307179.34 | 109 | 527046.71 | 2306919.91 | 161 | 526525.73 | 2307390.41 |
| 6 | 526416.92 | 2307766.61 | 58 | 527081.12 | 2307163.32 | 110 | 527051.57 | 2306921.78 | 162 | 526523.27 | 2307398.07 |
| 7 | 526434.05 | 2307757.95 | 59 | 527082.21 | 2307149.68 | 111 | 527056.08 | 2306923.12 | 163 | 526529.08 | 2307403.43 |
| 8 | 526472.21 | 2307753.69 | 60 | 527088.67 | 2307134.73 | 112 | 527062.15 | 2306924.65 | 164 | 526524.29 | 2307421.36 |
| 9 | 526551.92 | 2307732.65 | 61 | 527088.38 | 2307111.46 | 113 | 527068.83 | 2306925.72 | 165 | 526500.48 | 2307444.88 |
| 10 | 526568.71 | 2307731.43 | 62 | 527095.73 | 2307102.58 | 114 | 527074.72 | 2306926.29 | 166 | 526494.04 | 2307456.47 |
| 11 | 526581.13 | 2307738.94 | 63 | 527103.12 | 2307086.67 | 115 | 527079.39 | 2306926.45 | 167 | 526497.28 | 2307469.54 |
| 12 | 526601.75 | 2307747.83 | 64 | 527103.12 | 2307076.63 | 116 | 527083.75 | 2306926.45 | 168 | 526495.38 | 2307487.23 |
| 13 | 526624.58 | 2307742.53 | 65 | 527122.12 | 2307057.50 | 117 | 527092.41 | 2306925.73 | 169 | 526489.47 | 2307497.42 |
| 14 | 526632.84 | 2307734.68 | 66 | 527128.91 | 2307037.61 | 118 | 527107.21 | 2306923.77 | 170 | 526493.22 | 2307504.38 |

| Ubicación las áreas verde nuevas Coordenadas UTM (WGS-84, Zona 14N) | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 15 | 526647.45 | 2307735.33 | 67 | 527136.77 | 2307002.67 | 119 | 527109.76 | 2306943.99 | 171 | 526477.67 | 2307527.70 |
| 16 | 526665.04 | 2307724.06 | 68 | 527140.55 | 2306980.30 | 120 | 527039.92 | 2307066.55 | 172 | 526479.85 | 2307535.01 |
| 17 | 526674.00 | 2307714.55 | 69 | 527138.86 | 2306962.37 | 121 | 527036.40 | 2307086.69 | 173 | 526483.80 | 2307543.19 |
| 18 | 526678.14 | 2307691.08 | 70 | 527133.81 | 2306937.77 | 122 | 527005.84 | 2307081.34 | 174 | 526489.76 | 2307550.56 |
| 19 | 526705.56 | 2307655.15 | 71 | 527142.49 | 2306925.91 | 123 | 526998.71 | 2307080.73 | 175 | 526534.14 | 2307594.89 |
| 20 | 526722.16 | 2307639.91 | 72 | 527147.55 | 2306920.87 | 124 | 526981.88 | 2307081.85 | 176 | 526552.23 | 2307603.69 |
| 21 | 526751.50 | 2307627.87 | 73 | 527150.24 | 2306909.56 | 125 | 526963.14 | 2307078.98 | 177 | 526570.98 | 2307605.61 |
| 22 | 526781.64 | 2307628.92 | 74 | 527149.45 | 2306897.86 | 126 | 526948.11 | 2307073.69 | 178 | 526637.04 | 2307608.23 |
| 23 | 526794.68 | 2307618.85 | 75 | 527145.08 | 2306885.39 | 127 | 526906.25 | 2307065.00 | 179 | 526636.64 | 2307628.31 |
| 24 | 526801.97 | 2307588.29 | 76 | 527138.87 | 2306886.92 | 128 | 526892.07 | 2307059.05 | 180 | 526561.93 | 2307624.87 |
| 25 | 526810.08 | 2307567.47 | 77 | 527128.89 | 2306870.17 | 129 | 526877.47 | 2307047.95 | 181 | 526543.62 | 2307622.13 |
| 26 | 526833.49 | 2307566.03 | 78 | 527130.79 | 2306864.15 | 130 | 526865.80 | 2307037.64 | 182 | 526523.25 | 2307611.77 |
| 27 | 526853.51 | 2307550.62 | 79 | 527130.53 | 2306849.35 | 131 | 526831.43 | 2307001.16 | 183 | 526472.14 | 2307561.10 |
| 28 | 526856.93 | 2307536.27 | 80 | 527116.47 | 2306848.12 | 132 | 526817.89 | 2306989.69 | 184 | 526467.52 | 2307554.02 |
| 29 | 526867.53 | 2307518.74 | 81 | 527115.00 | 2306859.80 | 133 | 526802.84 | 2306981.06 | 185 | 526455.96 | 2307576.30 |
| 30 | 526877.06 | 2307509.77 | 82 | 527106.14 | 2306864.83 | 134 | 526782.43 | 2306972.15 | 186 | 526460.30 | 2307582.82 |
| 31 | 526892.31 | 2307505.22 | 83 | 527085.68 | 2306886.37 | 135 | 526763.42 | 2306967.03 | 187 | 526440.98 | 2307616.46 |
| 32 | 526900.16 | 2307493.05 | 84 | 527076.57 | 2306888.93 | 136 | 526727.00 | 2306963.39 | 188 | 526443.87 | 2307621.03 |
| 33 | 526904.18 | 2307477.02 | 85 | 527067.58 | 2306880.29 | 137 | 526730.40 | 2306972.49 | 189 | 526416.97 | 2307650.00 |
| 34 | 526918.64 | 2307463.29 | 86 | 527061.67 | 2306873.37 | 138 | 526726.86 | 2306992.23 | 190 | 526409.21 | 2307659.72 |
| 35 | 526918.79 | 2307456.44 | 87 | 527060.01 | 2306872.29 | 139 | 526732.78 | 2306996.33 | 191 | 526399.50 | 2307663.19 |
| 36 | 526926.03 | 2307455.62 | 88 | 527059.53 | 2306870.16 | 140 | 526726.49 | 2307044.93 | 192 | 526388.52 | 2307686.37 |
| 37 | 526930.49 | 2307449.99 | 89 | 527034.89 | 2306862.11 | 141 | 526743.84 | 2307055.49 | 193 | 526370.76 | 2307707.84 |
| 38 | 526946.51 | 2307449.84 | 90 | 527014.96 | 2306863.41 | 142 | 526721.59 | 2307109.53 | 194 | 526367.99 | 2307720.88 |
| 39 | 526960.68 | 2307435.71 | 91 | 527013.11 | 2306852.31 | 143 | 526729.05 | 2307112.78 | 195 | 526371.04 | 2307723.44 |
| 40 | 526971.18 | 2307420.41 | 92 | 526998.52 | 2306849.53 | 144 | 526701.37 | 2307165.40 | 196 | 526368.19 | 2307733.23 |
| 41 | 526984.39 | 2307408.00 | 93 | 526982.93 | 2306859.52 | 145 | 526712.57 | 2307172.23 | 197 | 526366.10 | 2307736.82 |
| 42 | 526999.32 | 2307385.08 | 94 | 526981.44 | 2306861.62 | 146 | 526925.39 | 2307249.32 | 198 | 526368.27 | 2307764.36 |
| 43 | 527036.55 | 2307339.70 | 95 | 526975.76 | 2306861.87 | 147 | 526918.60 | 2307268.14 | 199 | 526375.02 | 2307775.87 |
| 44 | 527049.14 | 2307329.20 | 96 | 526982.85 | 2306867.70 | 148 | 526722.18 | 2307197.41 | 200 | 526376.67 | 2307780.85 |
| 45 | 527061.95 | 2307317.75 | 97 | 526987.76 | 2306872.11 | 149 | 526699.35 | 2307186.85 | 201 | 526362.69 | 2307792.63 |
| 46 | 527077.23 | 2307308.50 | 98 | 526992.52 | 2306876.55 | 150 | 526672.34 | 2307237.04 | 202 | 526358.52 | 2307783.97 |
| 47 | 527084.25 | 2307301.44 | 99 | 526997.24 | 2306881.10 | 151 | 526678.13 | 2307241.43 | 203 | 526350.59 | 2307772.69 |
| 48 | 527090.54 | 2307296.20 | 100 | 527001.55 | 2306885.35 | 152 | 526670.75 | 2307254.89 | 204 | 526346.61 | 2307740.97 |
| 49 | 527095.02 | 2307286.07 | 101 | 527005.60 | 2306889.21 | 153 | 526662.75 | 2307264.47 | 205 | 526333.27 | 2307742.33 |
| 50 | 527098.34 | 2307271.46 | 102 | 527010.04 | 2306893.55 | 154 | 526641.10 | 2307283.30 | 206 | 526315.83 | 2307750.24 |
| 51 | 527099.66 | 2307264.25 | 103 | 527014.03 | 2306897.48 | 155 | 526628.43 | 2307296.62 | 207 | 526312.96 | 2307764.36 |
| 52 | 527093.46 | 2307244.35 | 104 | 527018.17 | 2306901.50 | 156 | 526609.25 | 2307311.03 | 208 | 526298.14 | 2307772.70 |

En la Tabla II.42 y Figura II.61 se muestra el tipo de uso de suelo y vegetación de los sitios seleccionados para las áreas verdes.

*Tabla II. 42. Usos de Suelo y Vegetación de los sitios seleccionados para las áreas verde*

| Clave de vegetación | Tipos USV (Agrupado) | Tipos USV (natural) | Tipos USV/Veg. Sec. | Nombre de la geometría | Compo-nente | Superficie del USV (ha) | Superficie de la geometría ($m^2$) | Superficie de incidencia ($m^2$) | Porcentaje de incidencia |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| BM | Bosque de mesófilo de montaña | Bosque de mesófilo de montaña | Bosque mesófilo de montaña | Área verde 5 12 | Obras | 380.685031 | 284647.841941 | 147707.64454 | 51.89 |
| BM | Bosque de mesófilo de montaña | Bosque de mesófilo de montaña | Bosque mesófilo de montaña | Área verde 5 14 a | Obras | 6021.316537 | 184925.331036 | 390.2040766 | 0.21 |
| BM | Bosque de mesófilo de montaña | Bosque de mesófilo de montaña | Bosque mesófilo de montaña | Área verde 5 14 b | Obras | 6021.316537 | 272433.605616 | 272433.6056 | 100.00 |

| Clave de vegetación | Tipos USV (Agrupado) | Tipos USV (natural) | Tipos USV/Veg. Sec. | Nombre de la geometría | Compo-nente | Superficie del USV (ha) | Superficie de la geometría ($m^2$) | Superficie de incidencia ($m^2$) | Porcentaje de incidencia |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| BM | Bosque de mesófilo de montaña | Bosque de mesófilo de montaña | Bosque mesófilo de montaña | Área verde 5 A 15 | Obras | 6021.316537 | 51918.645154 | 50734.139326 | 97.72 |
| VSa/BM | Bosque de mesófilo de montaña | Bosque de mesófilo de montaña | Vegetación secundaria arbustiva de bosque mesófilo de montaña | Área verde 5 12 | Obras | 1369.509480 | 284647.841941 | 79602.205956 | 27.97 |
| VSa/BM | Bosque de mesófilo de montaña | Bosque de mesófilo de montaña | Vegetación secundaria arbustiva de bosque mesófilo de montaña | Área verde 5 13 | Obras | 1369.509480 | 63854.808023 | 56442.9190784 | 88.39 |
| VSa/BM | Bosque de mesófilo de montaña | Bosque de mesófilo de montaña | Vegetación secundaria arbustiva de bosque mesófilo de montaña | Área verde 5 14 a | Obras | 1369.509480 | 184925.331036 | 184535.126960 | 99.79 |
| VSa/BM | Bosque de mesófilo de montaña | Bosque de mesófilo de montaña | Vegetación secundaria arbustiva de bosque mesófilo de montaña | Área verde 5 A 15 | Obras | 1369.509480 | 51918.645154 | 1184.50582766 | 2.28 |
| PC | Pastizal cultivado | No aplicable | Pastizal cultivado | Área verde 5 12 | Obras | 4514.720783 | 284647.841941 | 57337.9914367 | 20.14 |
| PC | Pastizal cultivado | No aplicable | Pastizal cultivado | Área verde 5 13 | Obras | 4514.720783 | 63854.808023 | 7411.88894544 | 11.61 |

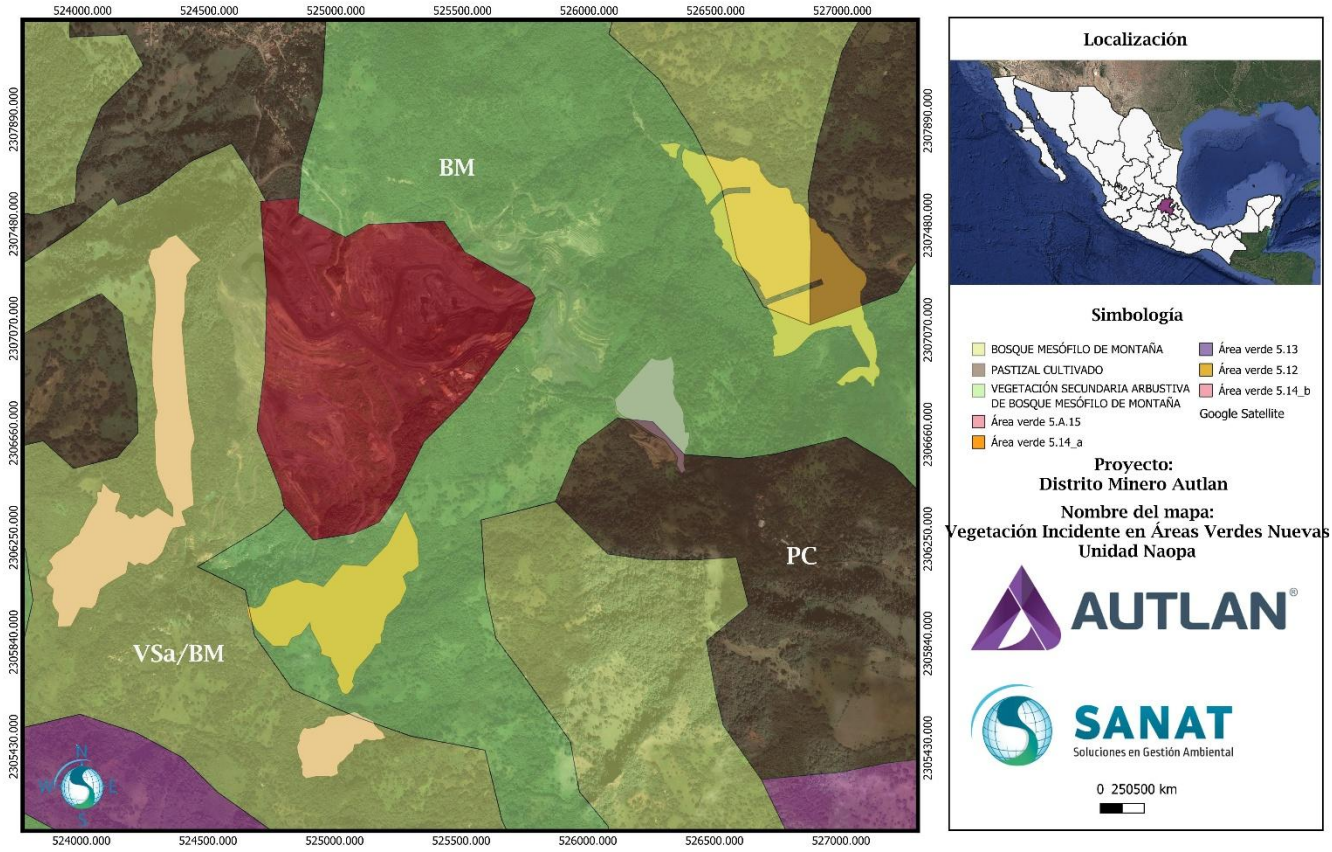



*Figura II. 61. Usos de Suelo y Vegetación de los sitios seleccionados para las áreas verde*

Para este Polígono de Agrupación, es relevante indicar que en una zona donde no hay obras, ocurrió un derrumbe natural, como resultado de las lluvias extraordinarias de la zona del periodo 2024. Este deslizamiento afectó el canal de desvío, ya rehabilitado, así como un bordo de retención de sólidos conocido como Dique 2. También alcanzó un arroyo que se sitúa fuera de los terrenos de la empresa. Abajo del nuevo dique se realizará un reforzamiento con enrocamiento para evitar que un evento natural vuelva a afectar las obras.

### II.2.2.4. Unidad Nonoalco

La Unidad Nonoalco se asienta al sur de la Unidad Naopa, en el municipio de Xochicoatlán, Hidalgo. Corresponde al Polígono de Agrupación 6 (figuras II.62 y II.63).

En 1960, se inició la etapa constructiva de la planta de procesamiento y cuatro años más tarde se puso en operación. A lo largo de los años, la planta ha experimentado un proceso de evolución constante, consolidándose como un referente en la producción de manganeso de alta calidad, impulsando tanto la innovación tecnológica (tales como: baterías recargables, mejoras en las aleaciones de acero, mejoras en la eficiencia y el rendimiento de ciertos dispositivos electrónicos, entre otros), así como el compromiso con la sustentabilidad en sus operaciones y con sus áreas vecinas.

Esta unidad alberga una planta de concentrado de manganeso, una planta de secado molido y envasado, una planta de oxido manganoso y una planta concentradora en mesas. Para la operación de estos procesos se fueron estableciendo depósitos de jales y otras obras de infraestructura de apoyo y servicios, como líneas de distribución de energía, oficinas, laboratorios, almacenes, planta de tratamiento de aguas residuales, almacén de residuos peligrosos, tanques de combustible, colectores de polvo, caseta de vigilancia, patios de embarque, pilas de recuperación de agua, subestación eléctrica, comedor, y áreas de residuos de manejo especial, entre otros.

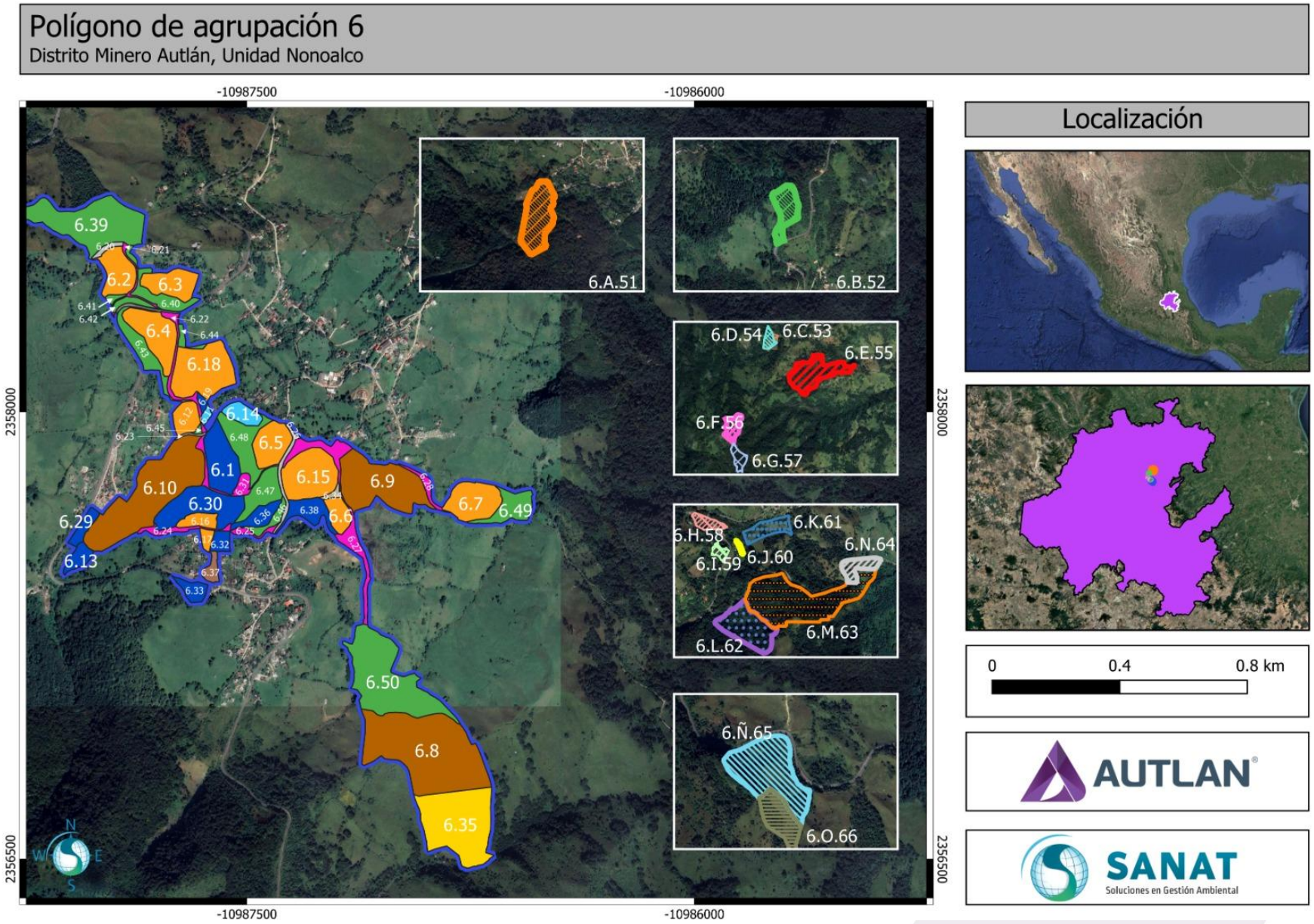



*Figura II.62. Áreas del Polígono de Agrupación 6 - Unidad Nonoalco*

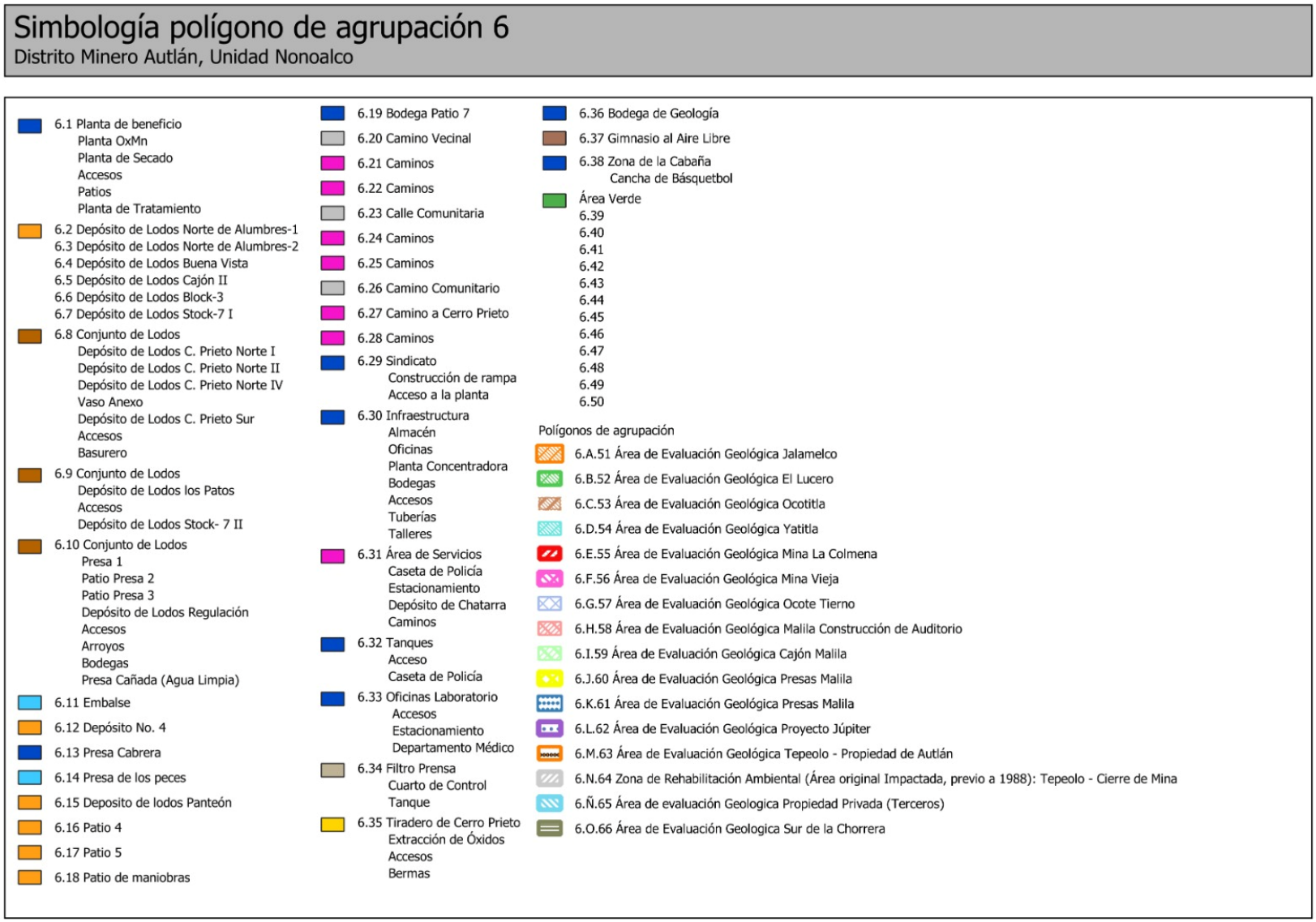



*Figura II.63. Simbología del Polígono de Agrupación 6 - Unidad Nonoalco*

### Planta de beneficio (Área 6.1)

Está establecida en 1.7632 ha de superficie y procesa óxidos de manganeso para producir bióxido de manganeso de grado batería y cerámico ($MnO_2$), y grado alimenticio u óxido manganoso (MnO).

El polígono alberga la Planta de Óxidos, Planta de Secado, Molido y Envasado; accesos, patios, planta de tratamiento de aguas residuales, tanques de combustibles y almacén de residuos peligrosos.

Tanto la planta de óxidos, como la de secado, se integran en cuatro naves principales, cuya estructura y diseño se describe a continuación.

**Estructura general y diseño:**

- **Desplante**

  De conformidad con los estudios geotécnicos realizados, la planta se construyó sobre una base de concreto armado, con espesor de 0.3 a 0.5 metros. La instalación se realizó con la capacidad de soportar cargas pesadas provenientes de los equipos de trituración, molienda, los sistemas de transporte y los equipos de control de emisiones y de secado (hornos), de gran tamaño.

- **Estructura Metálica**

  La estructura principal que soporta la planta es de acero estructural galvanizado de alta resistencia, diseñado para soportar las cargas de los equipos pesados y resistir condiciones climáticas extremas (como humedad). La estructura fue dimensionada de acuerdo con las normas de ingeniería de construcción de su momento.

  - **Columnas y vigas:** las columnas son de acero estructural tipo IPE o HEA de gran capacidad de carga, dimensionadas con base en los cálculos estructurales para resistir cargas estáticas y dinámicas. Las vigas horizontales fueron tipo perfil H, soldadas y atornilladas según los requerimientos.
  - **Conexiones:** las uniones y conexiones de la estructura se realizaron con soldaduras de alta resistencia o pernos de alta calidad, siguiendo las normas de ingeniería y resistencia estructural.
  - **Acabado y protección:** todos los elementos metálicos son galvanizados para evitar la corrosión, especialmente en áreas exteriores y en contacto con el ambiente húmedo de la zona de Nonoalco. Además, tienen recubrimiento con pintura para disminuir la exposición directa del acero.

- **Cubierta de Techo:** el techo es de lámina galvanizada de alta resistencia, con una pendiente de 5-10 % para el drenaje eficiente de aguas pluviales. El techo está soportado por travesaños metálicos de acero estructural, con una separación adecuada para la distribución de cargas y un diseño optimizado.
- **Lados de la Planta:** los laterales de la planta están protegidos por paneles de lámina galvanizada, de 0.5 mm de espesor, con algunas secciones abiertas en áreas específicas donde es necesario el paso de luz natural.
  - **Ventilación natural:** el diseño de las paredes incluye aberturas para asegurar la correcta circulación del aire, pero los sitios donde se tienen equipos que generan emisiones son áreas cerradas; éstas cuentan con equipos colectores de polvo o casas de sacos, que permiten minimizar la emisión de partículas a la atmosfera. Como segundo control a la liberación de partículas, los laterales y los techos tienen una segunda barrera.

**Control Ambiental y Seguridad:**

- **Control de Emisiones de Polvo:** en las áreas de trituración, molienda y transporte se instalaron sistemas de extracción de polvo, mediante colectores tipo ciclón o filtros de manga de alta eficiencia. Estos sistemas están diseñados para mantener la concentración de polvo en el aire por debajo de los límites establecidos por la normativa ambiental.

- **Sistemas de Seguridad Industrial:** todos los equipos están conectados a un sistema de monitoreo, además de sistemas de emergencia, como alarmas audibles, detección de incendios y sistemas de extinción automática. Se cuenta con salidas de emergencia, extintores y escaleras de evacuación.

**Control y Supervisión:**

- **Cuartos de Control:** la planta cuenta con cuartos de control, equipados con sistemas de monitoreo que permiten supervisar y controlar todos los procesos de producción desde una pantalla centralizada (Sistema SCADA).

  Las especificaciones del Sistema SCADA incluyen:

  - **Monitoreo en tiempo real** de parámetros clave como temperatura, flujo de material, y niveles de concentrado.
  - **Alarmas** configuradas para alertar a los operadores en caso de fallas o anomalías.
  - **Automatización del proceso** con control remoto de las válvulas, bombas, y cintas transportadoras.

### Planta de Secado, Molido y Envasado

Esta planta continúa con el proceso de la Planta Concentradora para obtener el Manganeso Grado Batería (60 y 65 % de $MnO_2$) y Grado Cerámico (45 % de $MnO_2$).

Su equipamiento consiste de:

- Horno rotatorio.
- Casa de Sacos.
- Dos tolvas de secos.
- Bandas transportadoras.
- Transportadores helicoidales.
- Sistema de monitoreo de temperatura.
- Molino de bolas.
- Elevador de cangilones.
- Clasificador neumático.
- Dos tolvas de finos.
- Casa de Sacos.

Todas las plantas están equipadas con sistemas de control de emisiones en todas las áreas críticas, donde cuentan con guardas de cubierta para contener el aire al interior de las naves, capturando partículas de manganeso y evitando su liberación al ambiente.

Cuentan también con cuartos de control centralizados, donde se monitorean en tiempo real todas las variables críticas del proceso: flujo de material, tamaños de partícula, concentración del mineral, presiones.

Los sistemas de seguridad incluyen alarmas, mantenimiento preventivo programado y un sistema de respuesta ante emergencias, con extintores y un plan de evacuación para el personal.

### Planta de Óxido Manganoso

Esta planta está dedicada a la producción de Manganeso Grado Alimenticio, con una producción de 5,000 ton por año

Su equipamiento consiste de:

- Homogeneizadora.
- Banda transportadora.
- Horno reductor.
- Sistema de enfriamiento.
- Colectores de polvos.
- Tolva de gruesos.
- Elevadores de cangilones.
- Molino de martillos.
- Tolva de ciclón.
- Tolva B.
- Criba rotex.
- Tolva de finos.
- Almacén de producto terminado.

Tres elementos del equipamiento de la Planta Concentradora son considerados fuentes fijas generadoras de emisiones (Tabla II.43).

*Tabla II.43. Fuentes fijas de emisiones de la planta de beneficio - Unidad Nonoalco*

| Equipo | Capacidad | Frecuencia de operación | Método de control | Eficiencia del equipo de control |
|---|---|---|---|---|
| Horno de secado | 3,719.69 MJ/h | 24/7 – 52 semanas/año | Colectores de bolsas | 90 % |
| Horno reductor | 3,802.35 MJ/h | 24/7 – 52 semanas/año | Colectores de bolsas | 90 % |
| Lavador de gases | 500.00 kg/h | 24/7 – 52 semanas/año | Colectores de bolsas | 90 % |

Los dos hornos, de secado y reductor, operan con diésel y tienen un consumo anual de 300,000 y 600,000 litros respectivamente.

Conforme lo establece la normatividad en materia de fuentes fijas de jurisdicción federal, Compañía Minera Autlán presenta sus reportes anuales de emisiones a la autoridad.

Como áreas de apoyo a las plantas, se cuenta con patios de maniobras y logística, en donde las góndolas (camiones de 40 toneladas de capacidad) son cargadas con el producto terminado.

En este polígono se cuenta también con una planta de tratamiento de aguas residuales, tanques de combustibles y almacén de residuos peligrosos.

### Planta de Tratamiento de Aguas Residuales

En esta área se cuenta con una planta de tratamiento de aguas residuales sanitarias, con tratamiento anaerobio en lagunas de retención. Tiene capacidad de 10 $m^3$/día y cuenta con permiso de descarga de 1,500 m/año emitido por la CONAGUA (Tabla II.44).

*Tabla II.44. Especificaciones de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales de la Unidad Nonoalco*

| Planta de tratamiento | Sanitarios y regaderas, Unidad Nonoalco |
|---|---|
| **Tipo de proceso** | Anaerobio en lagunas de retención |
| **Año de instalación** | 2011 |
| **Capacidad** | 10.0 $m^3$/día |
| **Volumen autorizado** | 1,500 $m^3$/año |
| **Volumen tratado mensualmente** | 127 $m^3$/mes |
| **Volumen tratado anualmente** | 1524 $m^3$/año |
| **Personas beneficiadas** | 120 trabajadores |
| **Norma aplicable** | Cumple con las NOM-001-SEMARNAT-1996 y NOM-003-SEMARANT-1997 |

El proceso de funcionamiento de la planta consiste en:

- Las aguas residuales, generalmente proveniente de sanitarios, regaderas y lavamanos, ingresan a la planta de tratamiento, donde pasan por un proceso preliminar de **pretratamiento**, a través del cual se remueven sólidos grandes, evitando que obstruyan el sistema.
- Después del pretratamiento, el agua se conduce a las lagunas de retención. Éstas son grandes depósitos que hacen la función de reactores (Figura II.64). El agua residual se mantiene en las lagunas el tiempo suficiente para que los microorganismos anaeróbicos descompongan los compuestos orgánicos presentes en el agua.
- Una vez que ha pasado por el proceso anaeróbico y el agua tiene menos materia orgánica, pasa por un **tratamiento secundario** de pulimiento en filtros de carbón activado, desinfección o cloración.

El diagrama general del proceso se ilustra en la Figura II.65.

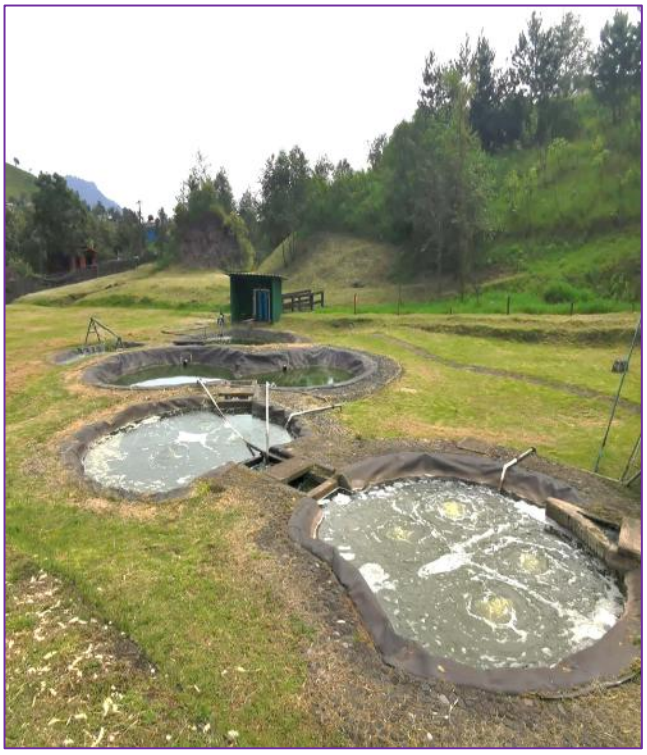


*Figura II.64. Lagunas de retención PTAR Unidad Nonoalco*

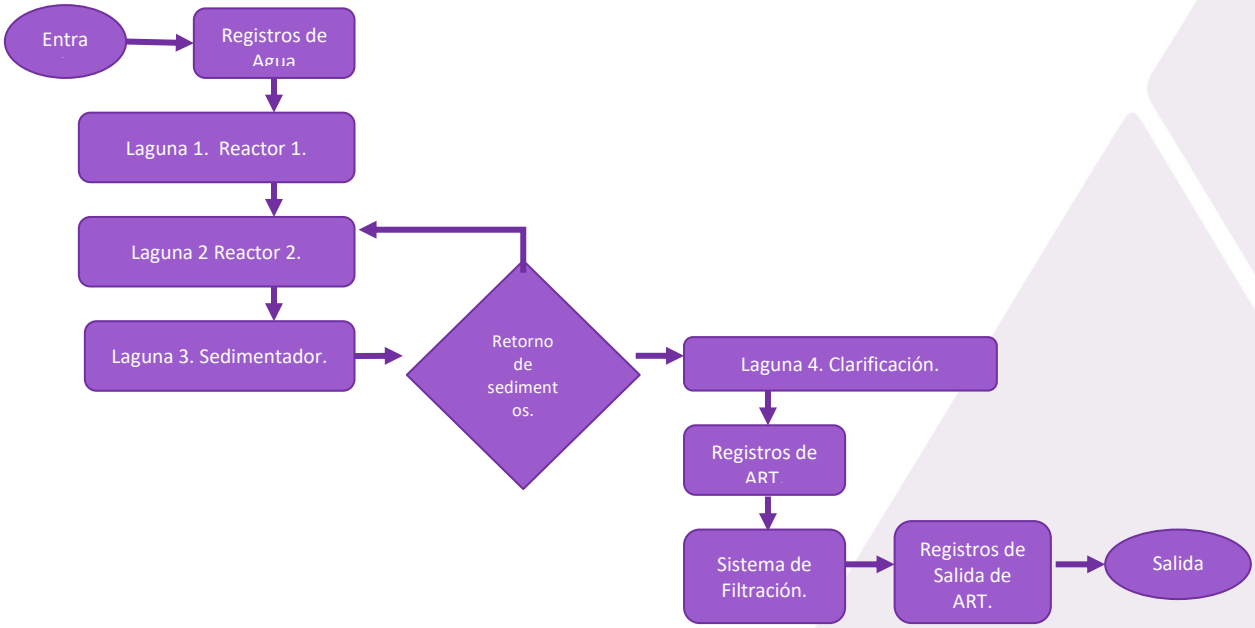



*Figura II.65. Diagrama de funcionamiento PTAR en lagunas de retención - Unidad Nonoalco*

### Tanques de Combustibles

La Unidad Nonoalco cuenta con cuatro tanques de almacenamiento de diésel (Tabla II.45).

*Tabla II.45. Tanques de combustible – Unidad Nonoalco*

| ID | Capacidad (litros) |
|---|---|
| Tanque 1 | 40,000 |
| Tanque 2 | 30,000 |
| Tanque 3 | 30,000 |
| Tanque 4 | 30,000 |

Los tanques son de acero inoxidable, con espesor de 5 mm. Son cilíndricos y fueron instalados de manera vertical sobre una base sólida de concreto, misma que cuenta con dique de contención (Figura II.66).

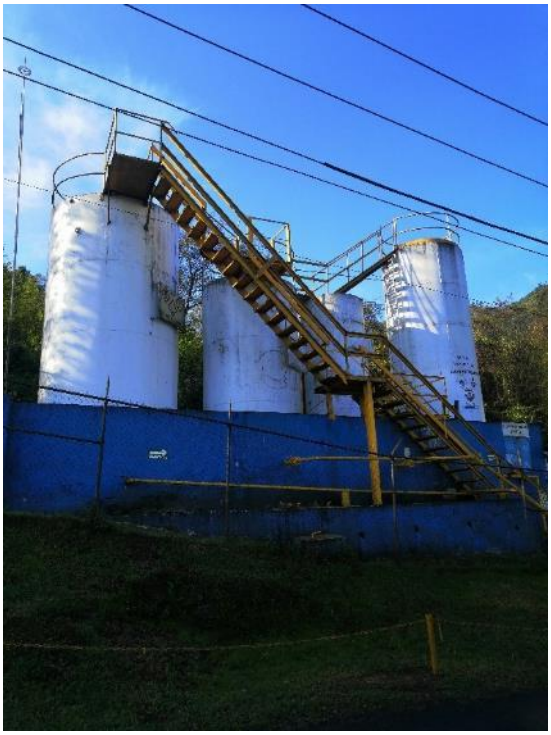


*Figura II.66. Tanques de combustible – Unidad Nonoalco*

Los tanques de 30,000 litros poseen diámetro de 2.5 m y altura de 8m, en tanto que el tanque de 40,000 litros posee 3 m de diámetro y 8 m de altura.

Cuentan con el siguiente equipamiento y accesorios:

- **Boca de carga y descarga**, equipadas con válvulas que permiten el llenado y vaciado del tanque de manera controlada y segura. Estas bocas están diseñadas para evitar fugas y permitir el flujo eficiente del combustible.
- **Sistema de respiración** (ventilación) que permite la salida y entrada de aire, mientras se mantiene la presión interna estable. Estos sistemas ayudan a prevenir la formación de vacío o exceso de presión durante el

proceso de carga y descarga de combustible, y están equipados con filtros para evitar la entrada de contaminantes.

- **Medidores de nivel** para monitorear el volumen de combustible almacenado en todo momento. Esto es esencial para mantener un control adecuado y evitar desbordamientos.
- **Sistemas de prevención de incendios**, móviles, para proteger el tanque en caso de emergencia.

Se realizan inspecciones y mantenimientos periódicos de los tanques y sus componentes (válvulas, medidores, respiraderos, etc.), para asegurar su funcionamiento correcto y la seguridad. Esto incluye pruebas de presión, pruebas de integridad estructural, y limpieza interna.

### Almacén de Residuos Peligrosos

La Unidad Nonoalco cuenta con un almacén temporal de residuos peligrosos, en el que se reciben los residuos peligrosos generados en las diferentes áreas y son resguardados hasta el momento de la recolección por parte de un prestador de servicio autorizado.

La instalación está diseñada para almacenar de manera segura y controlada los residuos peligrosos y evitar riesgos para la salud humana, el medio ambiente y la seguridad industrial. Cuenta con piso firme de concreto, con resistencia mínima de 50 kg/cm², diseñado para soportar el peso de los residuos almacenados, el tráfico de equipos de manipulación y evitar la filtración de líquidos al subsuelo.

El piso tiene una ligera pendiente hacia las canaletas de contención, a efecto de asegurar el drenaje eficiente de cualquier derrame que pueda ocurrir, evitando que los líquidos se acumulen en el área.

El almacén posee ventilación natural y la puerta principal es de malla, para permitir la circulación de aire sin el uso de sistemas mecánicos. Las aberturas proporcionan una renovación continua del aire.

El acceso es controlado mediante un portón metálico con malla, para ventilación y entrada de luz natural, lo que reduce el consumo de electricidad.

El techo es de láminas galvanizadas en doble capa, lo que proporciona aislamiento térmico y resistencia a la corrosión, especialmente frente a la exposición a sustancias químicas. Este techo cubre toda la superficie del almacén y es impermeable, lo que asegura que no haya filtraciones de agua. Además, está inclinado para permitir el drenaje eficiente de agua de lluvia, dirigiéndola a sistemas de canalización hacia áreas seguras.

En la parte exterior del almacén se dispone de una fosa de contención, cuya finalidad es contener cualquier derrame accidental de residuos líquidos. La fosa tiene dimensiones de 1.60 m de largo, 79 cm de ancho y 89 cm de profundidad. Está construida con concreto y está impermeabilizada para evitar filtraciones al suelo.

A lo largo del almacén existen canaletas de contención para capturar y conducir cualquier derrame de líquidos peligrosos hacia el dique de contención.

**C**uenta con un sistema de extintores de incendios en la parte frontal de la instalación, acorde con los tipos de residuos almacenados e incluyen extintores de polvo químico seco para fuegos generados por productos químicos. También cuenta con un kit especializado para atención de derrames, el cual incluye:

- Absorbentes para líquidos peligrosos (como arena o materiales sintéticos absorbentes).
- Trapos o paños especiales para limpiar los derrames.
- Bolsas herméticas para el sellado de residuos contaminados.
- Guantes de protección y otros EPP para el manejo seguro del material derramado.

Este kit se encuentra en un lugar accesible y es utilizado inmediatamente después de un derrame para reducir el impacto ambiental y evitar riesgos para el personal.

Cada zona del almacén está claramente señalizada con letreros y etiquetas que indican el tipo de residuos almacenados en cada área. Estos letreros cumplen con las normativas sobre el almacenamiento de productos peligrosos e incluyen símbolos y advertencias sobre el tipo de peligro (inflamable, tóxico, corrosivo, etc.).

En una zona visible de la instalación se tiene una tabla de incompatibilidad de residuos peligrosos, de modo que se evite la mezcla accidental de productos que pueden reaccionar entre sí y causar explosiones, emisiones tóxicas o incendios. La tabla es constantemente actualizada y es conocida por todo el personal operativo.

El almacén tiene una rampa de acceso para la carga y descarga de residuos. La rampa es antideslizante y tiene una inclinación controlada que permite el acceso fácil y seguro de camiones o vehículos para la entrega y retiro de los residuos peligrosos.

La instalación está provista de un botiquín de primeros auxilios, que contiene los materiales básicos para atender cualquier accidente o incidente.

En la Figura II.67 se muestran imágenes del almacén.






*Figura II.67. Almacén de residuos peligrosos – Unidad Nonoalco*

### Depósitos de lodo (Áreas 6.2 a 6.10, 6.12 y 6.15 a 6.18)

Como se explica posteriormente en el apartado descriptivo de los procesos, el procesamiento del mineral en la Unidad Nonoalco se realiza por medios mecánicos y agua; no involucra el uso de sustancias químicas, ni genera descargas contaminantes, pero sí produce lodos, también llamados lamas o jales.

A lo largo de las operaciones de la unidad desde 1964, los lodos derivados del procesamiento se han dispuesto en obras rústicas conocidas como depósitos de lodos. Estos depósitos se diseñaron con el propósito de almacenar temporalmente los residuos, de baja ley, como reservas potenciales, con la intención de reprocesarlos posteriormente.

Estas lamas o jales consisten principalmente de roca gruesa o fina que fue descartada de los procesos de selección. Sus dimensiones mucho menores que la del tepetate, llegando incluso a ser muy fino; y poseen humedad, que se pierde por evaporación. Actualmente se observa en ellos el crecimiento de plantas.

Dada la naturaleza de estos lodos, los análisis realizados para determinar su peligrosidad conforme a las disposiciones de la Norma Oficial Mexicana, NOM-141-SEMARNAT-2003, arrojaron resultados que los clasifican como **no generadores de drenaje ácido y con valores de metales lixiviables por debajo de los límites máximos permisibles que indica la norma**.

Actualmente existen 21 depósitos de lodos, distribuidos en distintas zonas de la Unidad Nonoalco (Tabla II.46).

*Tabla II.46. Depósitos de lodo – Unidad Nonoalco*

| No. | ID | No. de Área | Volumen depositado ($m^3$) | Superficie (ha)[1] | Etapa |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | Depósito de Lodos Norte de Alumbres-1 | 6.2 | 35,600.00 | 0.5645 | RB |
| 2 | Depósito de Lodos Norte de Alumbres-2 | 6.3 | 41,895.00 | 0.8672 | CC |
| 3 | Depósito de Lodos Buenavista | 6.4 | 130,000.00 | 1.5628 | CC |
| 4 | Depósito de Lodos Cajón II | 6.5 | 60,806.00 | 0.7698 | RB |
| 5 | Depósito de Lodos Block 3 | 6.6 | 19,615.00 | 0.6282 | RB |
| 6 | Depósito de Lodos Stock-7 I | 6.7 | 69,040.00 | 0.8943 | RB |
| 7 | Depósito de Lodos Cerro Prieto Norte I | 6.8 | 33,000.00 | 0.1891 | RB |
| 8 | Depósito de Lodos Cerro Prieto Norte II | | 22,939.20 | 0.8366 | RB |
| 9 | Depósito de Lodos Cerro Prieto IV | | 120,000.00 | 1.1255 | OP |
| 10 | Depósito de Lodos Cerro Prieto Sur | | 92,244.00 | 0.4126 | RB |
| 11 | Depósito de Lodos Los Patos | 6.9 | 23,565.00 | 0.4000 | RB |
| 12 | Depósito de Lodos Stock-7 II | | 46,660.00 | 0.7323 | RB |
| 13 | Depósito Lodos No. 1 | 6.10 | 6,780.00 | 0.3174 | OP |
| 14 | Depósito de Lodos No. 2 | | 8,475.00 | 0.4329 | OP |
| 15 | Depósito de Lodos No. 3 | | 7,630.00 | 0.6000 | OP |
| 16 | Depósito de Lodos Regulación | | 30,000.00 | 0.3642 | OP |
| 17 | Depósito No. 4 | 6.12 | 10,170.00 | 0.4347 | RB |
| 18 | Depósito de Lodos Panteón | 6.15 | 218,850.00 | 1.5587 | RB |
| 19 | Patio 4 (depósito de lodos) | 6.16 | A | 0.4872 | OP |
| 20 | Patio 5 (depósito de lodos) | 6.17 | B | 0.2240 | OP |
| 21 | Patio de maniobras: Patios 7, 8 y 10 (depósito de lodos) | 6.18 | C | 2.7468 | OP |
| | | **Total** | **977,269.20** | **16.1488** | **-** |

(1) Se indica la superficie de los depósitos sin considerar el área buffer en torno a ellos, que sí se cuantifica en la superficie total de cada área.
A: Este patio está en operación como patio de homogenización de la materia prima de la planta concentradora y de la nave de las mesas.
B: Patio para materia prima de la Planta concentradora.
C: Actualmente estos depósitos se utilizan como un primer recuperador de agua.
OP: Operando
CC: Cierre Conceptual
RB: Re-beneficio
CD: Cerrado

Todos estos sitios se establecieron antes de la entrada en vigor de la LGEEPA y se clasifican actualmente como obras en Etapa de Operación y Cierre. La mayoría de los depósitos están fuera de operación; sin embargo, la compañía planea realizar el re-procesamiento o re-beneficio del material. Para ello, los lodos son trasladados a la **Nave de mesas concentradoras**, donde se realiza la reconcentración del mineral de manganeso. La extracción del material de baja ley se lleva a cabo mediante cajones que se irán formando para depositar nuevamente el material de desecho.

El Depósito de Lodos Norte de Alumbres-2 y Depósito de Lodos Buenavista están destinados a cierre conceptual.

Por su antigüedad, estos depósitos de lodos se conformaron antes de la entrada en vigor de la *NOM-141-SEMARNAT-2003, Que establece el procedimiento para realizar los jales, así como las especificaciones y criterios para la caracterización y preparación del sitio, proyecto, construcción, operación y postoperación de presas y jales.* No obstante, la empresa cuenta con un **plan de manejo de residuos mineros metalúrgicos aprobado por la Dirección General de Gestión Integral de Materiales y Actividades Altamente Riesgosas, con Número de Registro 13-PMM-I-0037-2010** y fecha de aprobación del 13 de octubre de 2010. En la autorización del plan se reporta un volumen de generación anual de **55,000 ton/año.**

Algunas imágenes de los depósitos se muestran en las figuras II.68 a II.83.




*Figura II.68. Depósito de Lodos Norte de Alumbres-1 (Área 6.2) – Unidad Nonoalco*

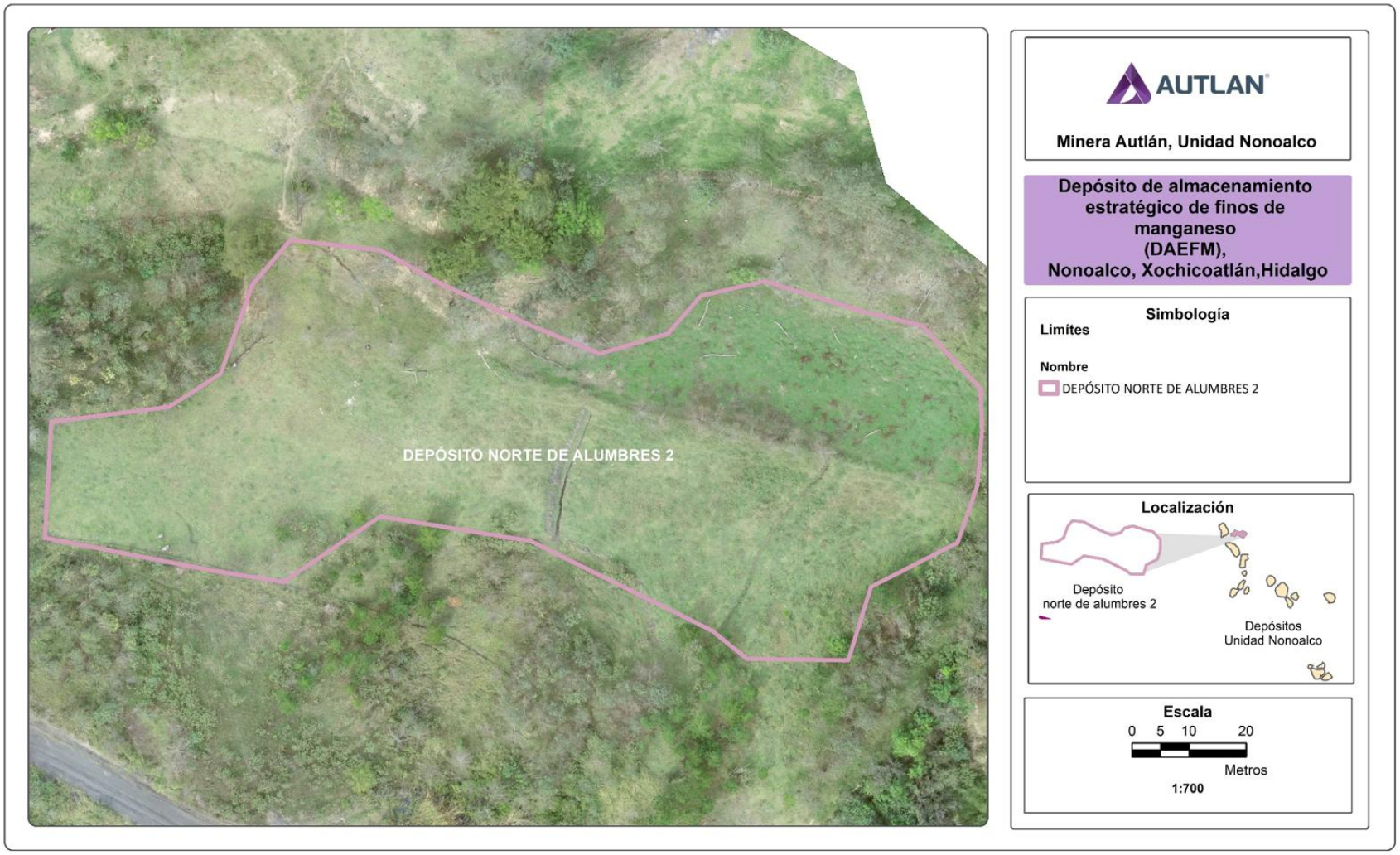



*Figura II.69. Depósito de Lodos Norte de Alumbres-2 (Área 6.3) - Unidad Nonoalco*

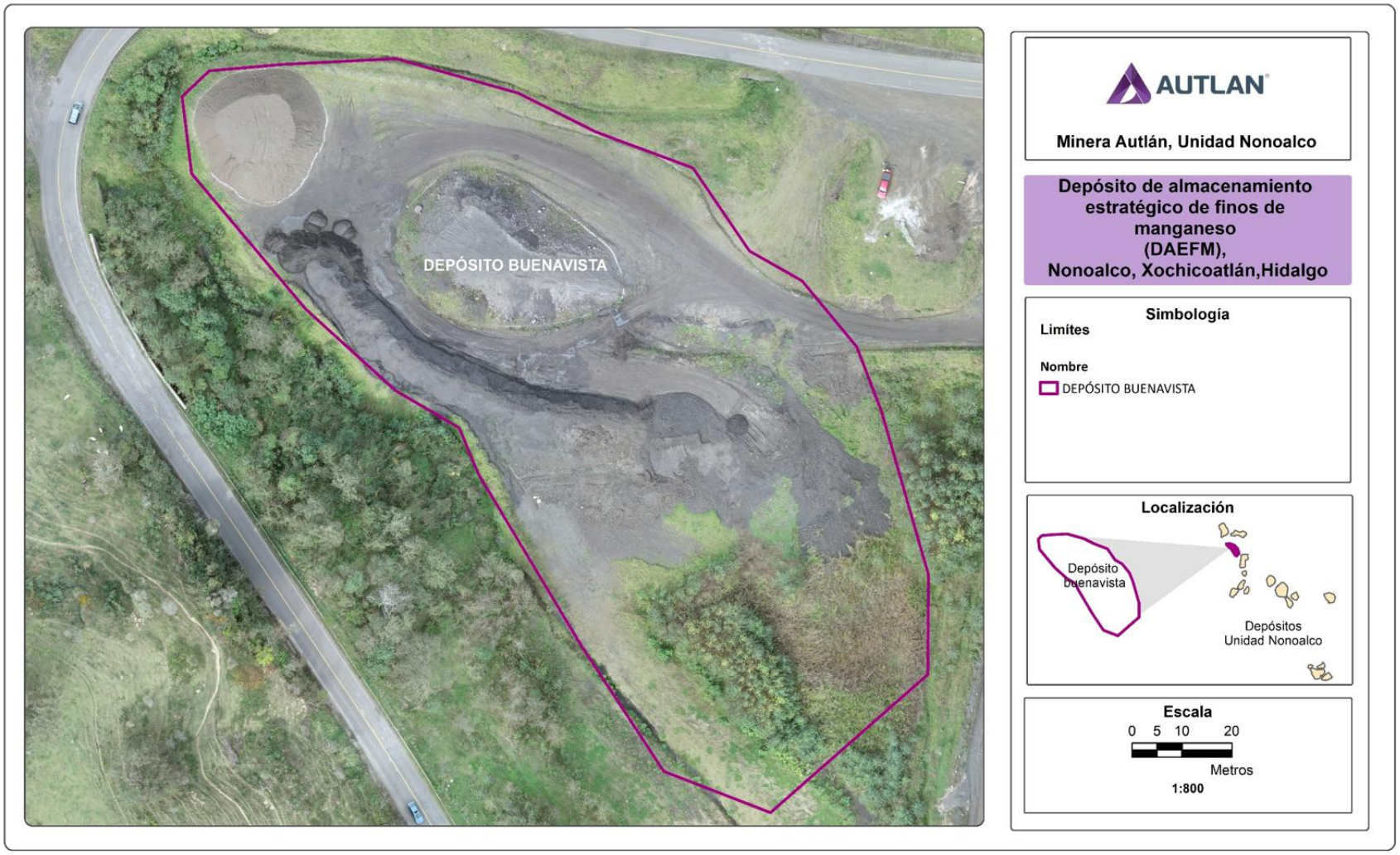



*Figura II.70. Depósito de Lodos Buenavista (Área 6.4) - Unidad Nonoalco*




*Figura II.71. Depósito de Lodos Cajón II (Área 6.4) - Unidad Nonoalco*

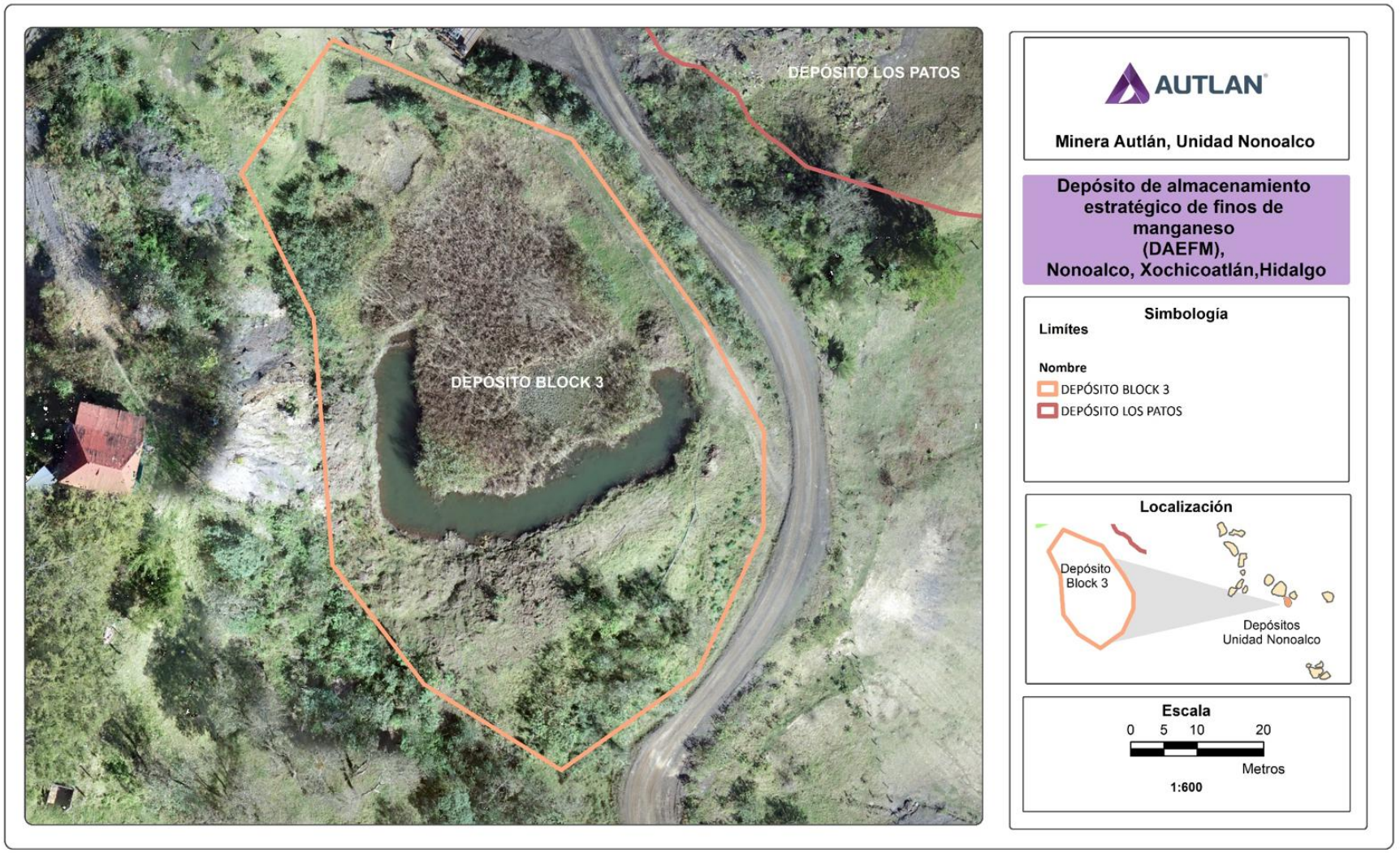



*Figura II.72. Depósito de Lodos Block 3 (Área 6.6) - Unidad Nonoalco*




*Figura II.73. Depósito de Lodos Stock-7 I (Área 6.7) - Unidad Nonoalco*

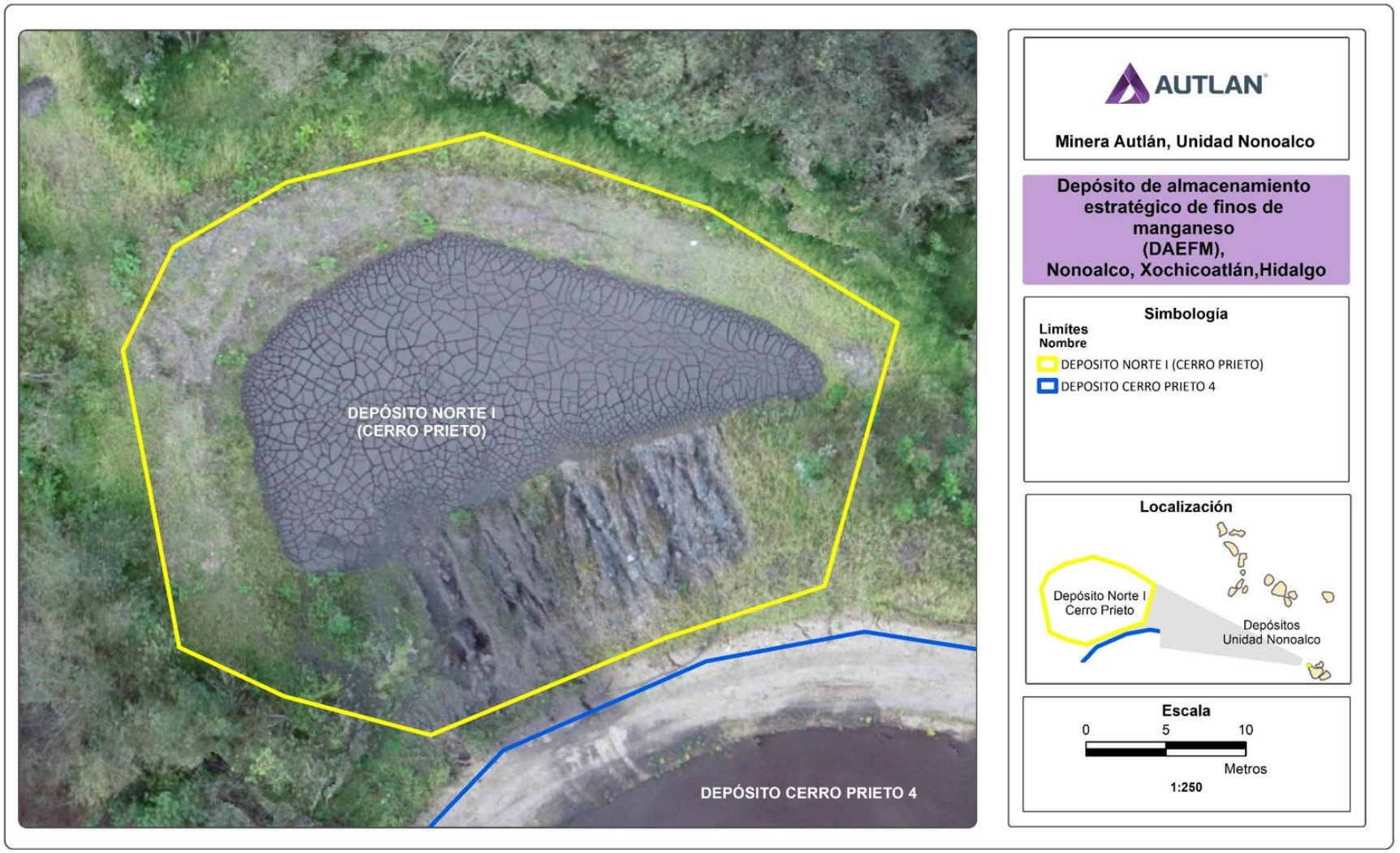



*Figura II.74. Depósito de Lodos Cerro Prieto Norte I (Área 6.8) - Unidad Nonoalco*

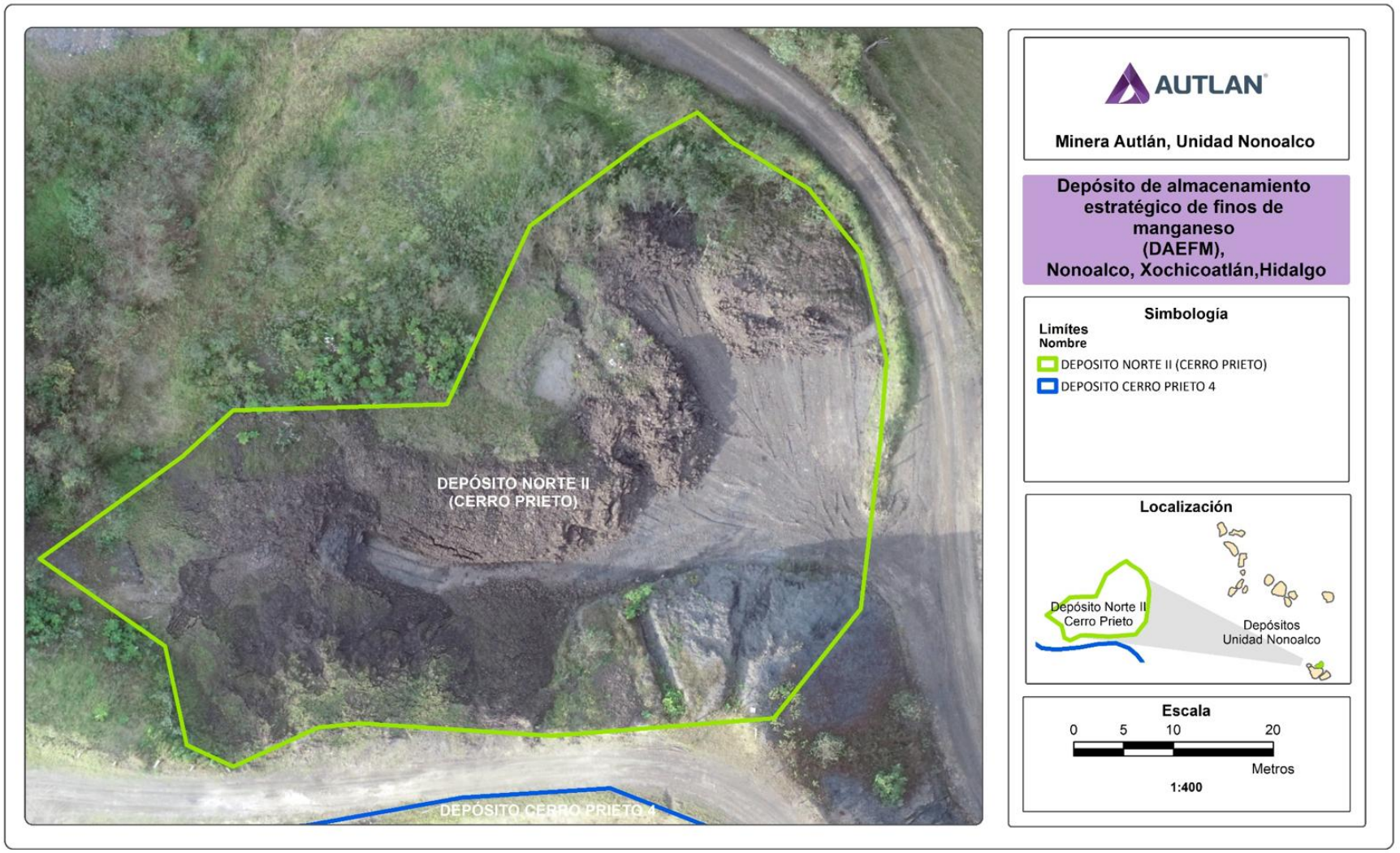



*Figura II.75. Depósito de Lodos Cerro Prieto Norte II (Área 6.8) - Unidad Nonoalco*

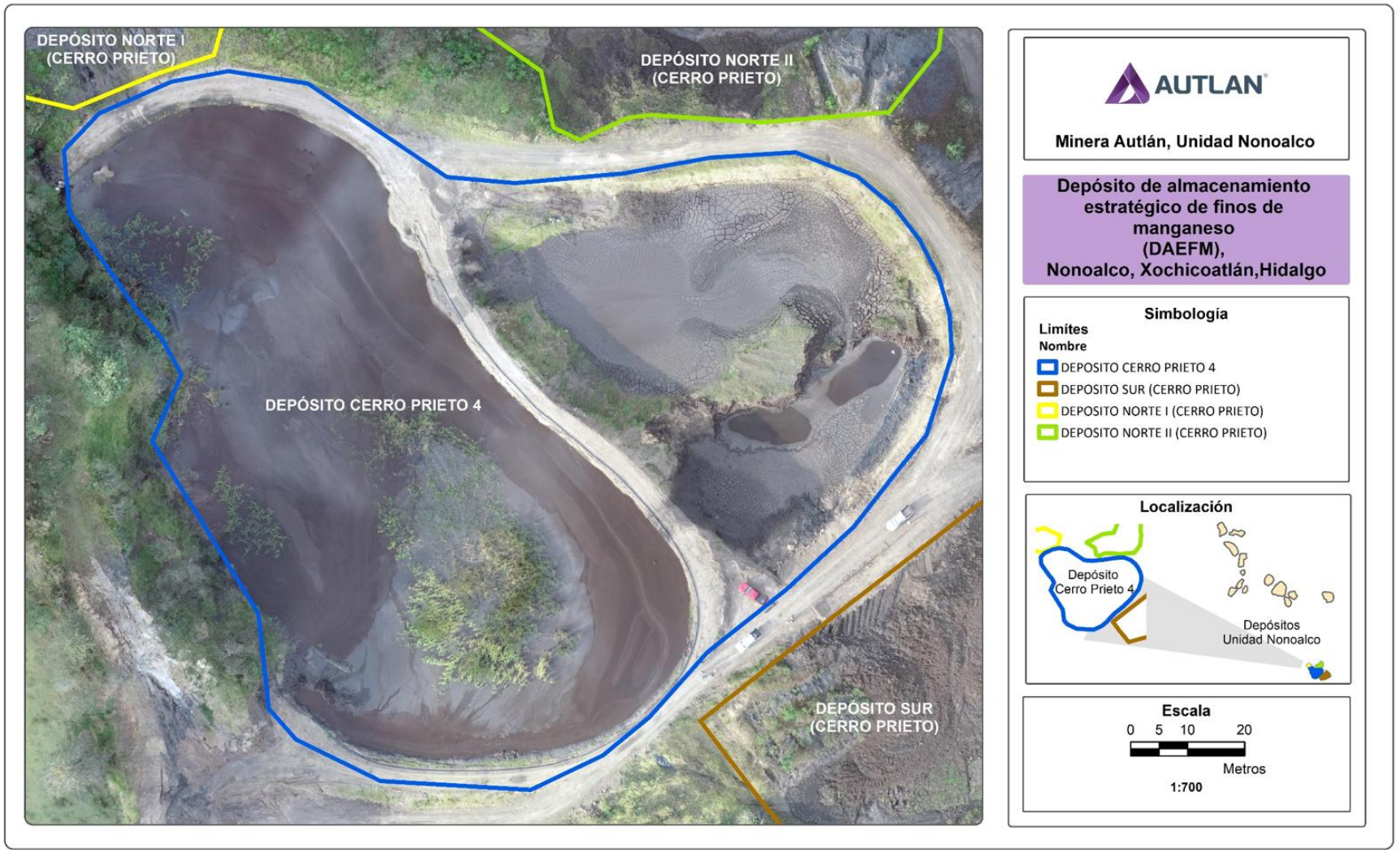



*Figura II.76. Depósito de Lodos Cerro Prieto IV (Área 6.8) - Unidad Nonoalco*

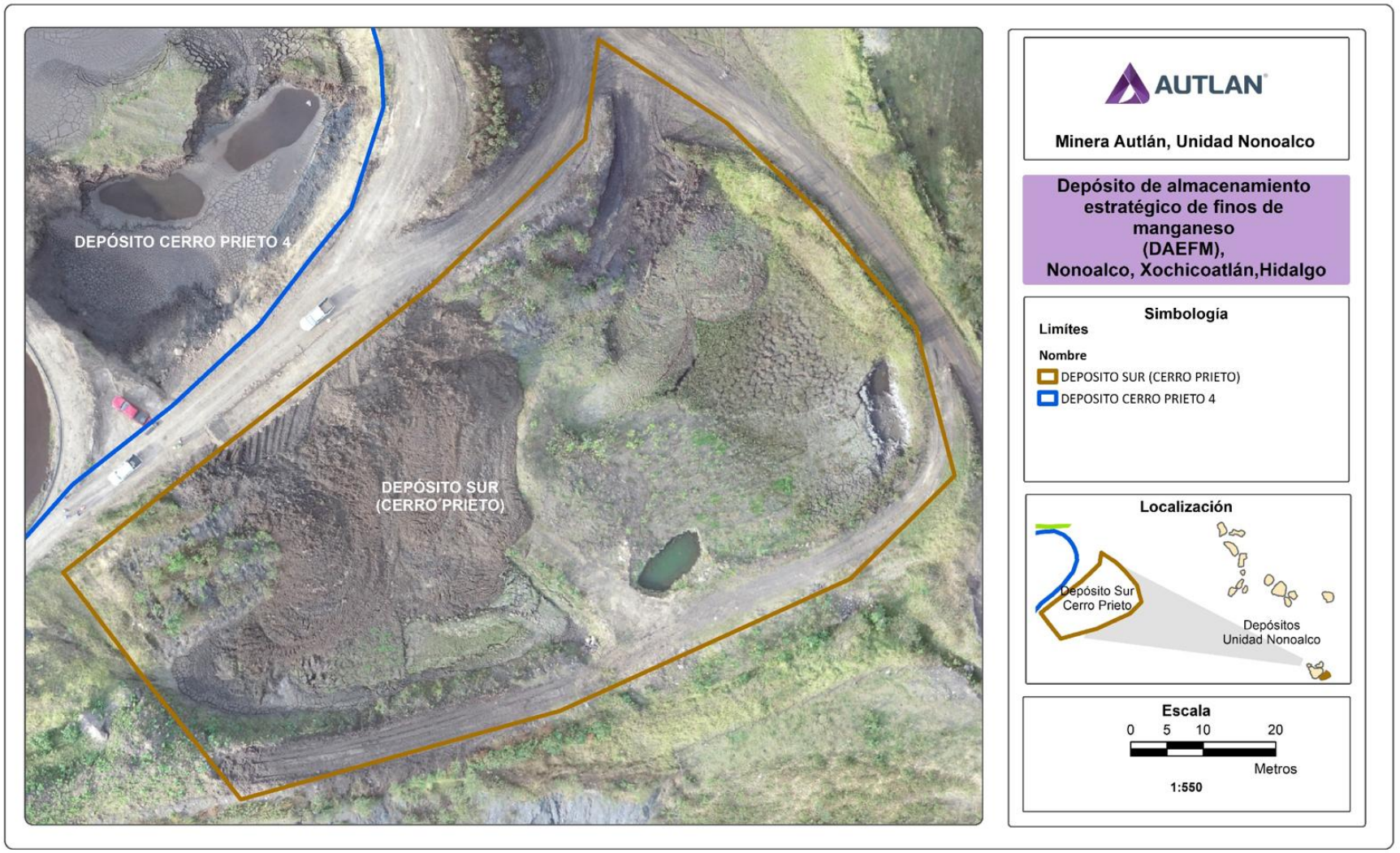



*Figura II.77. Depósito de Lodos Cerro Prieto Sur (Área 6.8) - Unidad Nonoalco*

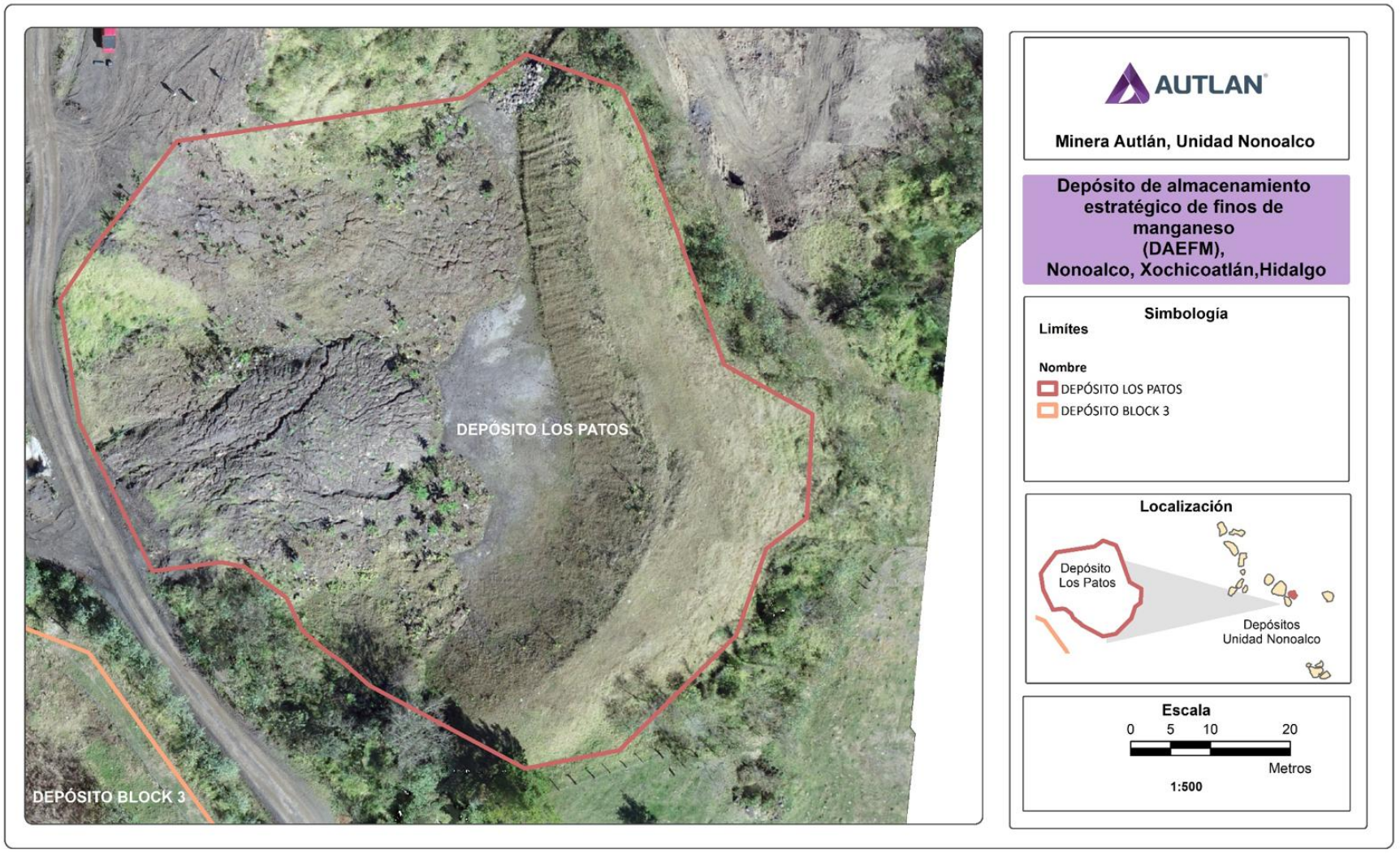



*Figura II.78. Depósito de Lodos Los Pato (Área 6.9) - Unidad Nonoalco*

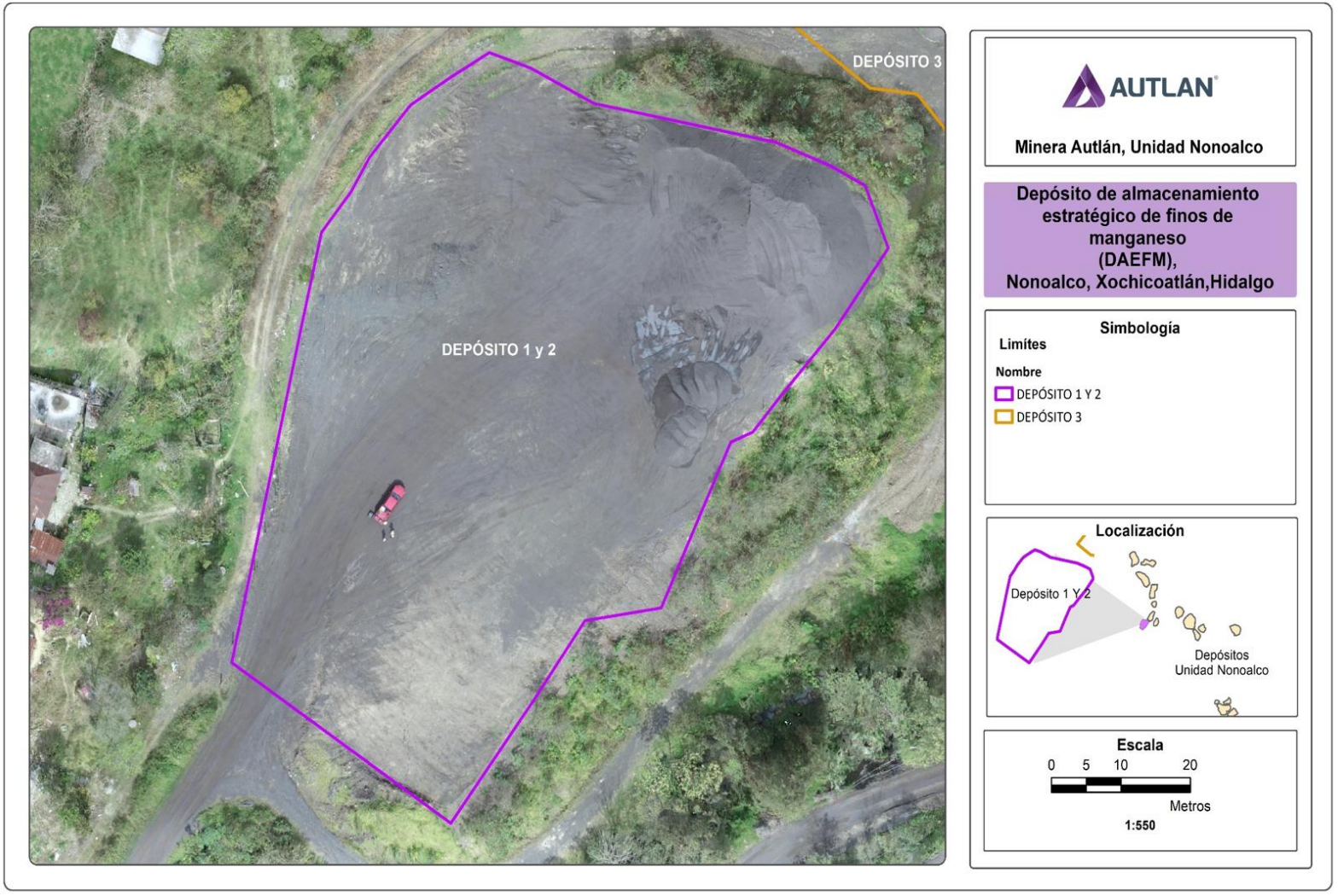



*Figura II.79. Depósito de Lodos No1 y No. 2 (Área 6.10) - Unidad Nonoalco*

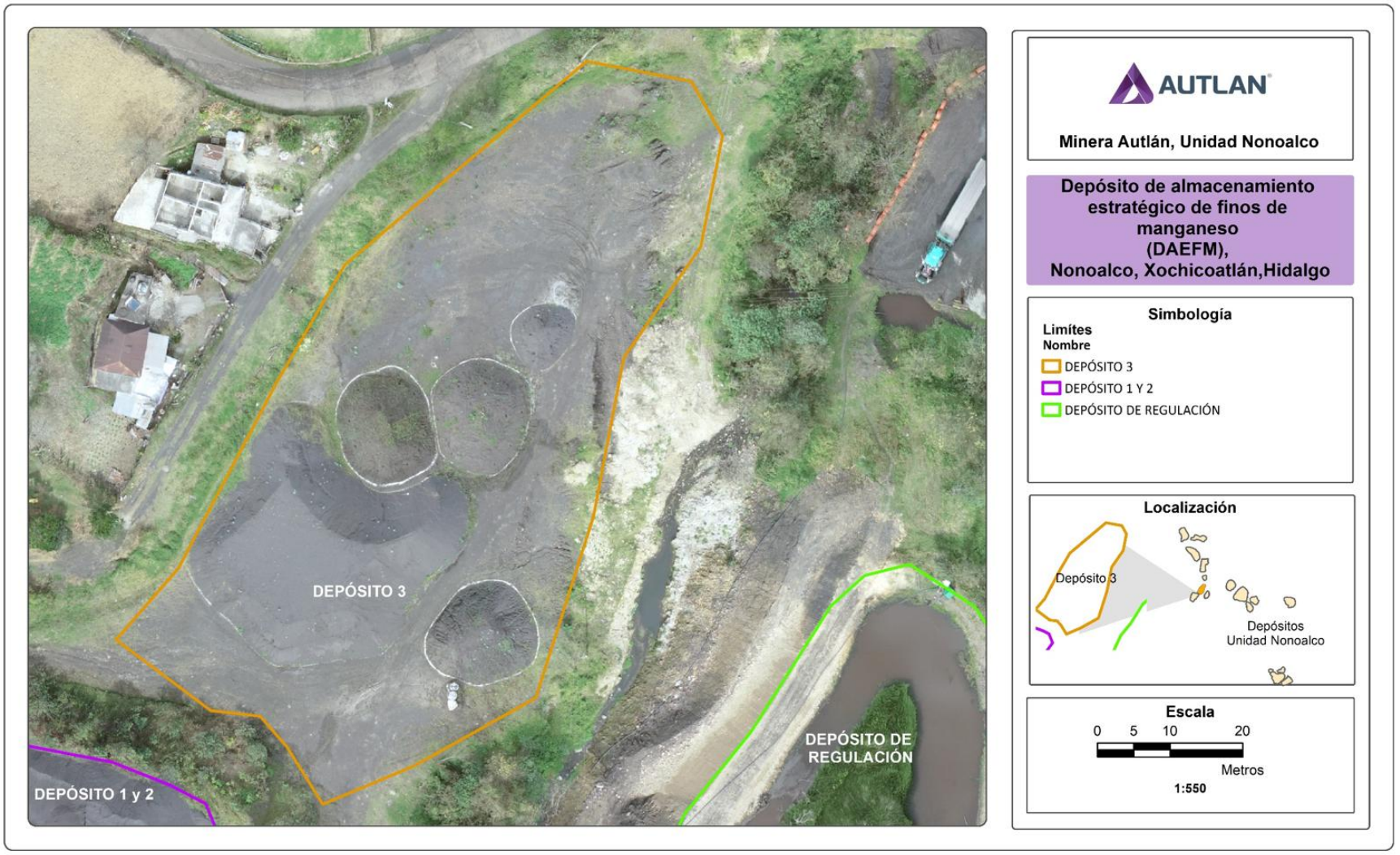



*Figura II.80. Depósito de Lodos No. 3 (Área 6.10) - Unidad Nonoalco*

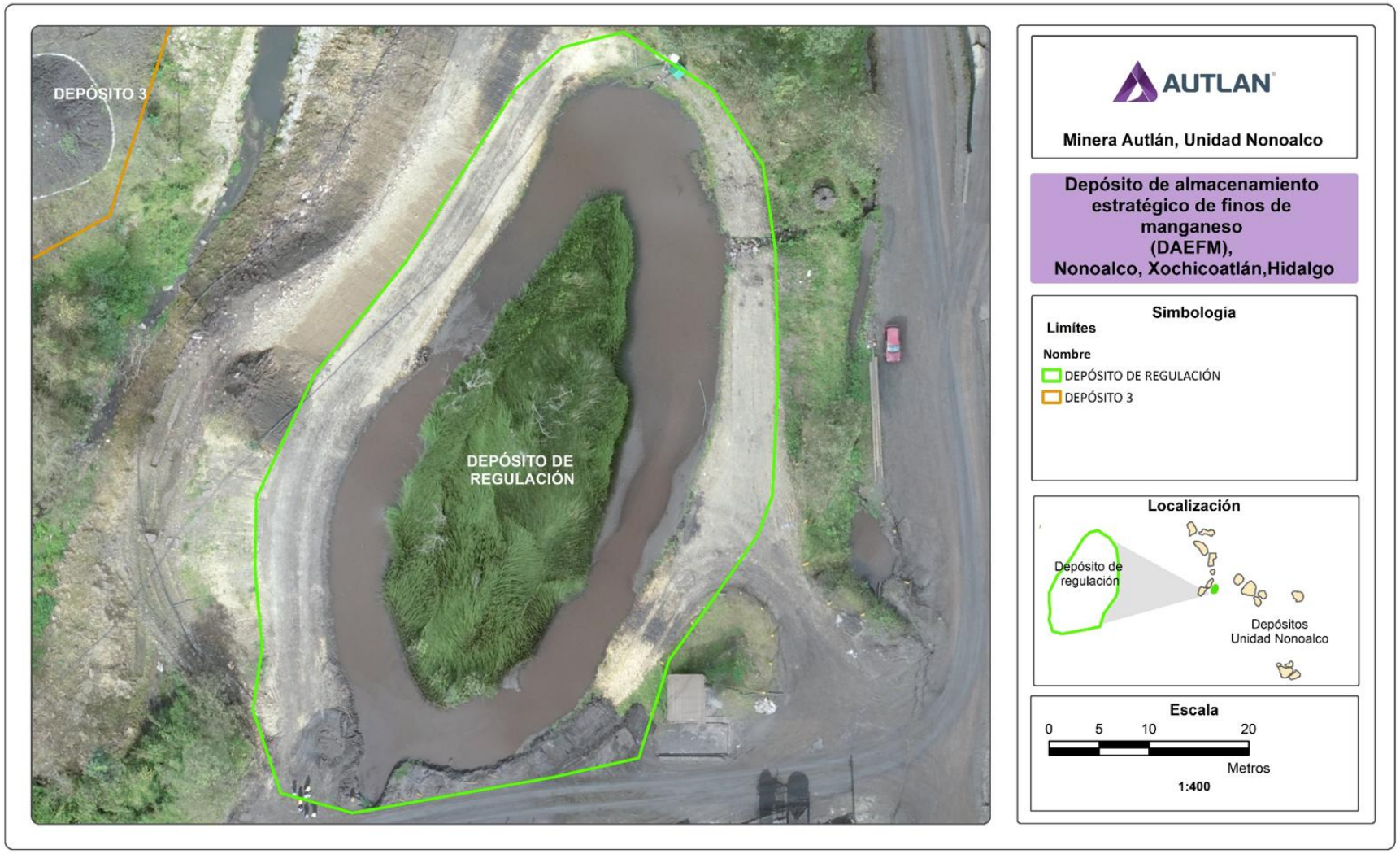



*Figura II.81. Depósito de Lodos Regulación (Área 6.10) - Unidad Nonoalco*

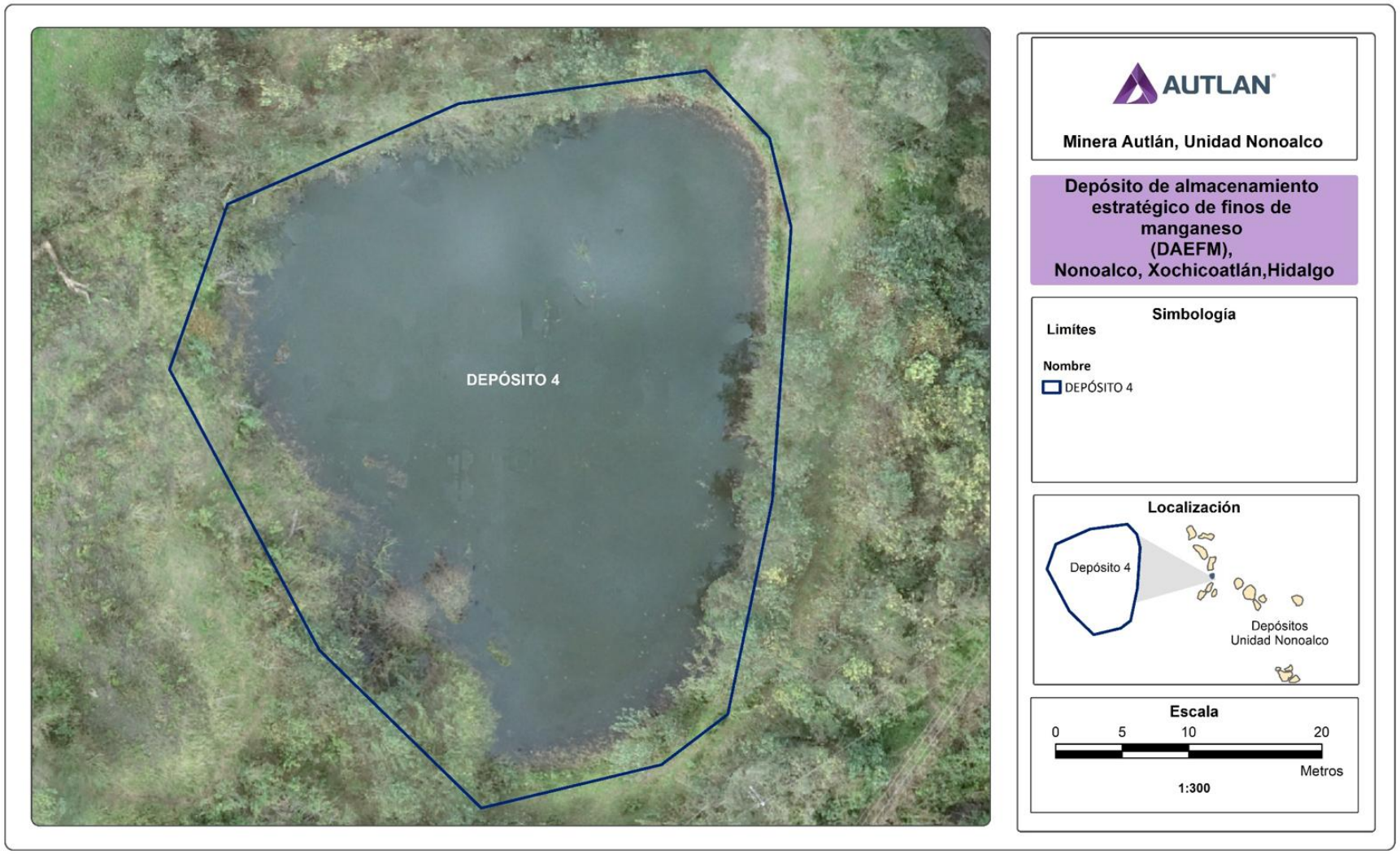



*Figura II.82. Depósito de Lodos No. 4 (Área 6.12) - Unidad Nonoalco*

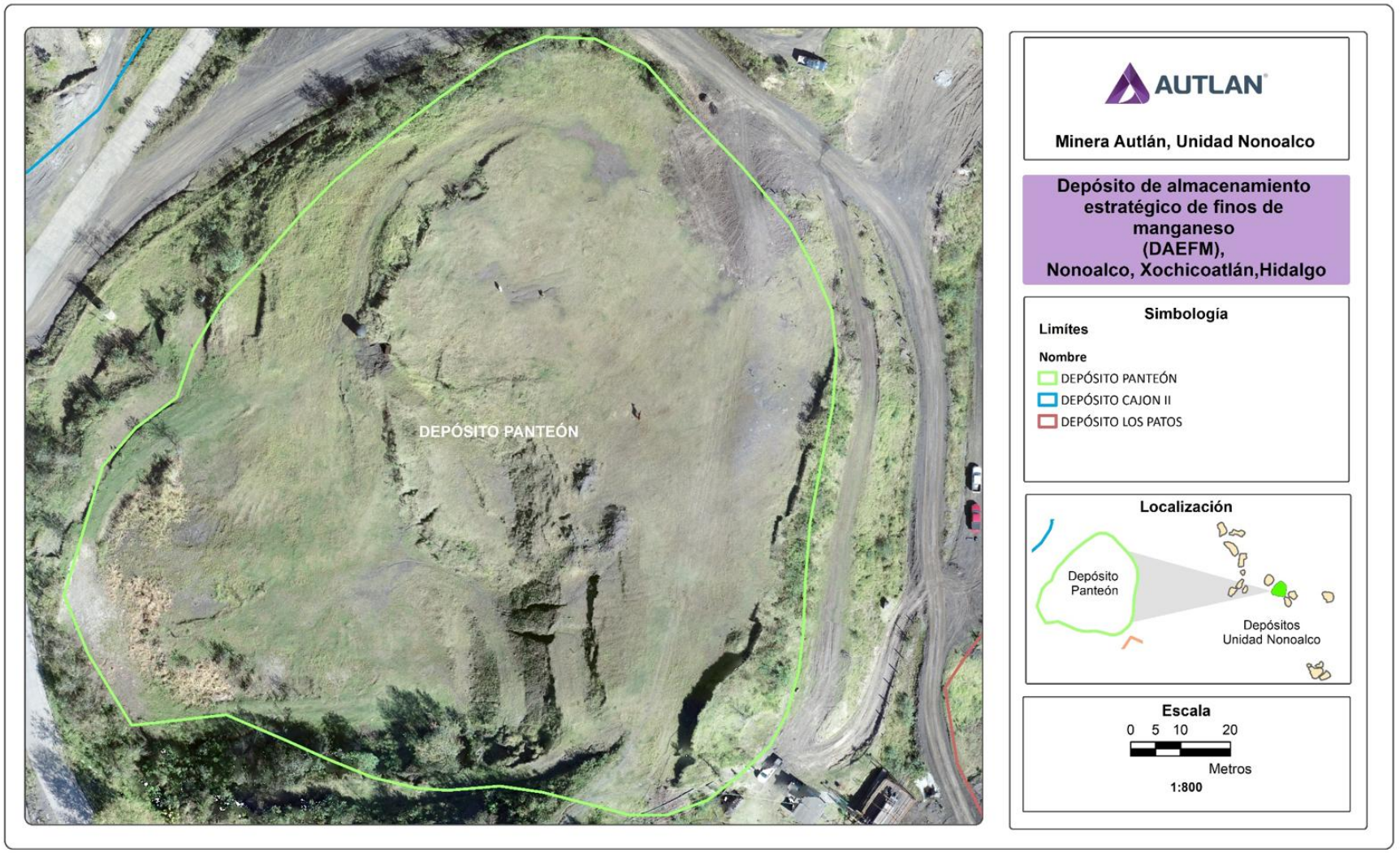



*Figura II.83. Depósito de Lodos Panteón (Área 6.15) - Unidad Nonoalco*

### Planta de Espirales

Se localiza en el depósito identificado como Patio 4 **(Área 6.16)**. Esta planta re-procesa los jales depositados en el Patio 4, para la obtención de mineral de manganeso concentrado.

### Embalse (Área 6.11)

Se trata de una obra artificial de apoyo logístico, previa a la LGEEPA, en donde se conserva el agua que se recupera de la presa de regulación. El agua almacenada es destinada para reúso en la planta de beneficio. Ocupa 0.1220 ha

### Presa Cabrera (Área 6.13)

Es una presa antigua de la que se extrae el agua que se utiliza en la planta de beneficio. La compañía cuenta con el Título de Concesión No. 09HGO106226/26IDDL16, que permite el aprovechamiento de 189,216.00 $m^3$/año de este sitio.

Ocupa un polígono de 0.4646 ha.

### Presa de los peces (Área 6.14)

Es un represo antiguo en un nacimiento de agua, que ocupa un polígono de 0.5914 ha de superficie. Con el propósito de asegurar que el sitio mantuviera su buena calidad, se conserva como área de esparcimiento. Su nombre lo obtiene de los peces que fueron introducidos en la presa. Ocupa un polígono de 0.4646 ha.

### Bodega Patio 7 (Área 6.19)

Es un polígono de 0.1189 ha que alberga una bodega y un pequeño patio de maniobras, en donde se guardan algunos materiales y herramientas menores que se utilizan en las actividades que se realizan en el Patio 7. La bodega está construida con paredes de block, techo de lámina galvanizada y puerta metálica.

### Caminos (Áreas 6.20, 6.21, 6.22, 6.23, 6.24, 6.25, 6.26, 6.27 y 6.28)

En la Unidad Nonoalco existen numerosos caminos de acceso y de intercomunicación entre las diferentes áreas operativas de la unidad. Aunque son vías antiguas, su diseño y construcción se realizó teniendo en cuenta factores de seguridad, durabilidad y eficiencia operativa, garantizando el transporte seguro del personal, equipos y materiales (Tabla II.47).

La superficie de los polígonos ocupados por la red de caminos es de 3.6260 ha.

*Tabla II.47. Superficie de la red de caminos y accesos de la Unidad Nonoalco*

| ID | No. de Área | Superficie (ha) |
|---|---|---|
| Camino vecinal | 6.20 | 0.1529 |
| Caminos | 6.21 | 0.2118 |
| Caminos | 6.22 | 0.4767 |
| Calle comunitaria | 6.23 | 0.0664 |
| Caminos | 6.24 | 0.3517 |
| Caminos | 6.25 | 0.1867 |
| Camino comunitario | 6.26 | 0.3860 |
| Camino a Cerro Prieto | 6.27 | 1.5264 |
| Caminos | 6.28 | 0.2674 |
| | **Total** | **3.6260** |

El ancho de los caminos, de terracería, varía dependiendo de las pendientes del terreno y del uso que se les dé, aunque en promedio son vías de 10 a 20 metros de ancho en las áreas de mayor pendiente y de acceso de equipo pesado. Los caminos destinados a la circulación de vehículos ligero poseen anchos de entre 5 y 10 metros.

### Sindicato (Área 6.29)

Corresponde a un polígono de 0.4219 ha que albera las oficinas del sindicato y una explanada para reuniones. La construcción es de concreto, con techo de lámina galvanizada. Cuenta con servicios básicos de sanitarios, luz, agua corriente, wifi y bodegas de utilería. Se encuentra rodeada de áreas verdes y tiene acceso a la planta.

### Infraestructura (Área 6.30)

Se trata de un polígono de 22.62 ha que alberga la planta concentradora, la nave de mesas concentradoras, almacén y bodegas, subestación eléctrica, comedor, oficinas, salas de jutas y talleres.

**Planta concentradora**

La planta concentradora de la Unidad Nonoalco realiza el beneficio de manganeso por concentración gravimétrica, con adición de agua.

Está situada sobre un terreno nivelado, con un diseño de plataforma de concreto reforzado, que está dimensionada para soportar una carga superior a 1.5 veces el peso total de los equipos e instalaciones de proceso. El concreto utilizado tiene una resistencia mínima de 250 kg/cm² para garantizar la estabilidad estructural bajo las condiciones operativas, incluyendo vibraciones, cargas pesadas y posibles movimientos sísmicos.

La estructura de soporte principal es de acero estructural galvanizado para minimizar el riesgo de corrosión, con pilares a lo largo de toda la planta. El techo está compuesto por paneles de lámina galvanizada, con un diseño inclinado que favorece el drenaje de aguas pluviales.

Consta de barras de refuerzo de alta resistencia en las bases y cimientos de cada uno de los equipos pesados, garantizando que la planta opere sin desplazamientos ni asentamientos a lo largo de su vida útil.

El equipamiento en la planta consiste en:

- Tolva de alimentación.
- Bandas transportadoras.
- Quebradora de barras.
- Criba vibratoria.
- Trituradora de mandíbulas.
- Tres clasificadores helicoidales (Jig Remer).
- Tres hidrociclones.
- Tanque espesador.
- Mesas de concentración.

**Nave de mesas concentradoras**

La nave de mesas concentradoras es cerrada, con dimensiones de 20 x 20 metros y altura libre de 10 metros. La estructura principal es de acero galvanizado de alta resistencia, con vigas de acero estructural. Las paredes están compuestas por paneles de lámina galvanizada de alta resistencia, con espesor de 0.8 a 1.2 mm. Los paneles están fijados a una estructura metálica de columnas verticales cada 5 metros y refuerzos horizontales en la parte superior e inferior para mayor estabilidad (Figura II.84).





*Figura II.84. Nave de mesas concentradoras - Unidad Nonoalco*

El techo está constituido por láminas galvanizadas con acabado corrugado, reforzadas con estructuras metálicas que soportan viento y posibles impactos. Cuenta con un sistema de ventilación natural, para evitar la acumulación de humedad dentro de la nave en temporada de calor y para mejorar el flujo de aire a través de los procesos de separación. El diseño del techo incluye una pendiente de 2 a 3%, para facilitar el drenaje de aguas pluviales.

En el interior de la nave se disponen varias mesas concentradoras Deister, con dimensiones típicas de 3 metros de largo por 1.2 metros de ancho. Cada mesa está equipada con un sistema de alimentación de pulpas de mineral, a través de una canaleta de distribución que asegura una distribución homogénea del flujo.

Además, cada mesa posee un sistema de riego integrado, que suministra agua para el proceso, Los sistemas de válvulas son de control automático y regulan el caudal y presión de agua sobre las mesas, asegurando una separación eficiente.

La instalación eléctrica de la nave incluye un transformador de alta capacidad, para alimentar los motores eléctricos de las mesas, los sistemas de bombeo y los sistemas de control automático. Las conducciones eléctricas están

protegidas en tuberías metálicas galvanizadas, diseñadas para soportar las vibraciones y condiciones ambientales de la planta.

El piso de la base es de concreto, con acabado rugoso para evitar deslizamientos y soportar el peso de los equipos y las cargas generadas por las mesas.

Actualmente el equipamiento para el procesamiento de los jales en mesas concentradoras consiste en seis (6) mesas, cada una con tres (3) tablas vibratorias (Figura II.85). La capacidad de procesamiento instalada es de 1.5 toneladas métricas por hora.



*Figura II.85. Mesas concentradoras - Unidad Nonoalco*

**Subestación eléctrica**

La subestación eléctrica se sitúa a un costado de la nave de mesas concentradoras y distribuye la energía eléctrica que requiere la operación de las plantas.

Tiene dimensiones de un poco menos de seis metros de largo, seis metros de ancho y tres metros de altura. Cuenta con dos transformadores de alta capacidad, de tipo oil-filled, para la conversión de la energía de alta tensión a baja tensión.

El sistema de distribución eléctrica incluye interruptores de circuito, seccionadores y protecciones; todos ellos montados en un panel metálico.

La instalación se encuentra cercada con malla metálica de seguridad y cuenta con un sistema de detección de incendios, extintores y sistemas de protección a tierra.

**Comedor**

El comedor está al servicio del personal operativo y administrativo. Su estructura es de block con techo galvanizado. Posee cinco metros de largo y cuatro metros de ancho. Está dotado con sistemas de ventilación natural y aire acondicionado.

**Bodegas y almacenes**

Son naves metálicas con estructura de acero galvanizado. Su longitud es de 10 metros, con ancho de 10 metros. El techo es de lámina galvanizada; tiene paredes de block, puertas de acceso metálicas y corredizas, y piso de concreto con acabado rugoso.

**Oficinas**

Están construidas en un área nivelada de aproximadamente 200 $m^2$; su estructura es de alta resistencia, con columnas y refuerzos. El techo es de loza de concreto con aislamiento térmico. Las paredes exteriores son de paneles prefabricados, de yeso o drywall. El piso es de cerámica antideslizante de alta resistencia. Están equipadas con aire acondicionado, sistema de iluminación LED de bajo consumo y red eléctrica y de datos.

**Salas de juntas**

Tienen dimensiones que dan capacidad para recibir entre 10 y 20 personas. Cada sala ocupa una superficie de aproximadamente 30 $m^2$.

### Área de servicios (Área 6.31)

Es un polígono de 0.5666 ha que cuenta con acceso, una caseta de policía, estacionamiento, depósito de chatarra y caminos. Toda el área se encuentra debidamente señalizada.

La **caseta de vigilancia** está ubicada en el acceso principal del área de servicios; proporciona seguridad 24/7 y acceso controlado. Es un pequeño edificio destinado para el resguardo del personal de seguridad y para el control del acceso de vehículos y personas que ingresan a la planta. Sus dimensiones son de 3 x 3 metros y está construida con block, techo de loza y ventanas de seguridad.

El **acceso principal a la planta de procesos** constituye la principal entrada para todo el personal, visitantes y vehículos de carga o reparto. Es amplio, con ancho de seis metros, para permitir el paso de camiones y otros vehículos grandes. Posee un sistema de control que incluye vigilancia, lectores de placas vehiculares y cámaras de seguridad para monitoreo de personas y vehículos. En su proximidad se tiene una zona de inspección para revisión de vehículos y productos, incluyendo un sistema de pesaje.

El **estacionamiento** está destinado para los vehículos del personal, visitantes y servicios dentro de la planta. Tiene capacidad para 10 a 20 vehículos. No está pavimentado, de modo que permite la filtración de agua en temporada de lluvias.

El llamado **depósito de chatarra** es en realidad un sitio formal para el almacenamiento temporal de residuos industriales de grandes dimensiones (llantas, chatarra, equipos obsoletos, o cualquier material que no pueda desecharse con los residuos comunes).

Para evitar riesgos a la seguridad, este depósito se sitúa lejos de zonas de alta actividad o paso frecuente. El área se encuentra debidamente señalizada con carteles y colores de seguridad.

### Tanques (Área 6.32)

Es un polígono de 0.3490 ha, en donde se concentran los tanques de almacenamiento del agua fresca que se toma de la Presa Cabrera. El agua ahí almacenada es distribuida por gravedad a las diferentes áreas operativas de la Unidad Nonoalco.

El sitio alberga dos tanques diseñados para contener grandes volúmenes de agua (Figura II.86).

Uno es de acero inoxidable de grado 304, resistente a la corrosión, y fáciles de limpiar y mantener. Sus dimensiones son de 5 m de altura y 4 m de diámetro, con capacidad de 60,000 litros.

Este tanque es vertical, con base plana para una instalación segura y estable en terrenos nivelados. Posee tapa hermética de acero inoxidable, con junta de goma para evitar contaminantes; válvula de salida de agua de una pulgada, en la parte inferior; entrada de agua de dos pulgadas en la parte superior; válvula de desagüe de una pulgada, para limpieza y mantenimiento; soportes y patas metálicas para garantizar su estabilidad; y un indicador de nivel del agua.

El segundo tanque es de polietileno de alta densidad (HDPE), resistente los rayos UV, productos químicos e impactos. Es horizontal, con diámetro de dos metros, altura de tres metros y pared de 6 mm de grosor; su capacidad de almacenamiento es de 10,000 litros.

La tapadera de este segundo tanque es de rosca, con junta de sellado de goma para evitar filtraciones y contaminantes. Posee una válvula de salida de una pulgada, ubicada en la parte inferior; una válvula de llenado de dos pulgadas, en la parte superior; indicador de nivel del agua; y soportes y base anti-vibración para evitar desplazamientos.

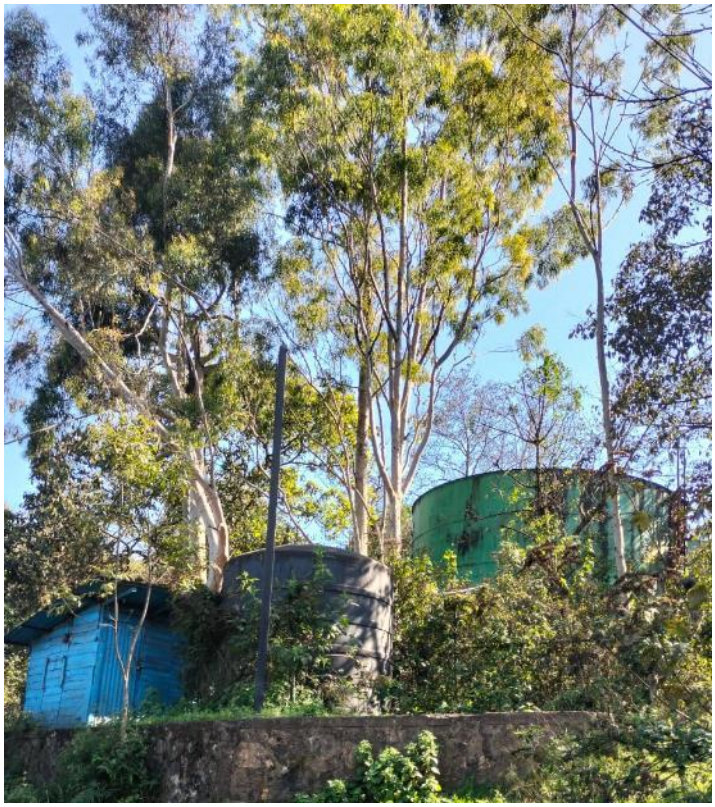


*Figura II.86. Tanques de agua - Unidad Nonoalco*

El sitio cuenta con acceso, caseta de policía y una caseta adicional que se usa para almacenar materiales y herramientas propias para dar mantenimiento a los tanques.

### Oficinas y Laboratorio (Área 6.33)

El polígono cuenta con 0.4518 ha de superficie y alberga **oficinas** de visitas, laboratorio y servicio médico, en un edificio de dos plantas que anteriormente funcionaba como las oficinas principales de la empresa. Este espacio combina funcionalidad y durabilidad para atender las necesidades operativas y de bienestar de los trabajadores. Además, cuenta con accesos y estacionamiento.

El **servicio médico**, ubicado en la planta baja del edificio, ofrece atención médica básica y emergencias. Es un consultorio de medicina general del sector privado, con clave 621111. Está equipado con materiales resistentes y adecuados para un ambiente sanitario Además, dispone de equipos médicos básicos, como camillas, monitores de signos vitales, y botiquines de primeros auxilios. En caso de emergencia, la clínica tiene acceso directo a la carretera estatal para una rápida salida y envío a clínica especializada en caso de ser necesario.

También en la planta baja del edificio se encuentra el **laboratorio de metalurgia**, que alberga una planta piloto de lixiviación, cuyos resultados no conllevaron a su implementación a nivel industrial. También cuenta con una mesa concentradora piloto, con golpeteo y separación con agua (Figura II.87).




*Figura II.87. Laboratorio de pruebas metalúrgicas – Unidad Nonoalco*

El laboratorio está construido con estructura de acero reforzado y concreto; las paredes son de paneles de concreto, tiene muros con barreras de protección, y los pisos son de concreto pulido o de cerámica industrial de alta resistencia, adecuado para soportar el peso de los equipos y máquinas que ahí se emplean. Se encuentra equipado con microscopios metalográficos, espectrómetros y equipos de ensayo de dureza, además de muflas y máquinas para análisis de resistencia de materiales.

El laboratorio cumple con estrictas normas de seguridad. Posee sistema de aire filtrante, extintores, duchas de emergencia y sistemas de alarma. Posee un área de acceso restringido que almacena productos químicos y materiales de forma controlada.

### Filtro Prensa (Área 6.34)

Se trata de un polígono de 0.1203 ha, contiguo a los depósitos de jales, que alberga un filtro de prensa que se utiliza para el filtrado de los jales. Debido a su función, el área cuenta con un cuarto de control y un tanque de recuperación de agua. El agua del tanque se envía a la planta de beneficio para su reúso (Figura II.88).



*Figura II.88. Filtro prensa – Unidad Nonoalco*

El filtro consiste de placas de acero inoxidable al carbón, de 500 x 500 mm, en un número que varía entre 10 y 50, dependiendo de la capacidad a que se opere el filtro. Su presión de filtración es de 6 bares (87 psi) y puede filtrar entre 1 a 150 $m^3$/h de jales en suspensión.

Utiliza telas filtrantes de diferentes grosores y materiales (poliéster, polipropileno, nylon, etc.) en función de las características del material a filtrar, ya sean jales que vienen del proceso de concentrado o del proceso de mesas concentradoras.

Cuenta con un sistema hidráulico que permite ajustar la presión de las placas de manera uniforme, para asegurar una buena compactación del filtrado.

La descarga puede ser manual o semiautomática.

### Tiradero Cerro Prieto (Área 6.35)

En este polígono se realiza la extracción de óxidos. Actualmente es un área de interés geológico para continuar estudiando el yacimiento de mineral, ya que cuenta con accesos y bermas de operación. Dependiendo de los resultados que se tengan se determinará si el área será condenada, o bien, si se continúa con la extracción.

### Bodega de Geología (Área 6.36)

Es un polígono de 0.032 ha que cuenta con una instalación (bodega) para el almacenamiento de materiales, equipos y muestras relacionadas con estudios geológicos. Su estructura es resistente las condiciones ambientales y ofrece un ambiente controlado para el trabajo de los geólogos y personal relacionado.

Las paredes de la bodega están construidas con bloques de concreto (block), que aseguran una alta resistencia estructural, durabilidad y una buena aislación térmica, manteniendo una temperatura interna más estable. La altura de las paredes es de aproximadamente tres metros. El techo está formado por mamparas metálicas de lámina galvanizada, ondulada para facilitar la evacuación del agua de lluvia, evitando acumulaciones o filtraciones.

La bodega cuenta con una puerta metálica de seguridad de 1.5 metros de ancho por 2 metros de altura, ideal para facilitar el ingreso de equipos y material voluminoso. Tiene ventanas en puntos estratégicos para permitir la circulación de aire y evitar la acumulación de humedad. El piso es de concreto.

### Gimnasio al aire libre (Área 6.37)

El gimnasio al aire libre fue construido por la compañía como parte de los acuerdos y compromisos sociales establecidos con la comunidad de Nonoalco y sus colaboradores. Ocupa una superficie de 0.3140 ha y ofrece un espacio accesible para la práctica de ejercicio físico y la promoción de la salud en un entorno natural.

Se sitúa en un entorno de áreas verdes y cuenta con zonas de descanso y sombra.

### Zona de La Cabaña (Área 6.38)

Es un polígono con superficie de 0.8791 ha, que alberga una cabaña diseñada como un espacio para el esparcimiento, descanso y hospedaje de los colaboradores y visitantes. Es una obra antigua, que se construyó en los inicios de la unidad ante la ausencia de hoteles cercanos.

La cabaña es de estilo rústico, construida principalmente con madera y cuenta con los servicios básicos. Está rodeada de áreas verdes e incluye cancha de básquetbol.

### Áreas verdes (Áreas 6.39 a 6.50)

La Unidad Nonoalco cuenta con 12 polígonos de áreas verdes que, en conjunto, contabilizan 15.0857 ha (Tabla II.48).

*Tabla II.48. Áreas verdes – Unidad Nonoalco*

| No. | ID | No. de Área | Superficie (ha)[1] |
|---|---|---|---|
| 1 | Áreas Verdes 3 | 6.39 | 3.8783 |
| 2 | Áreas Verdes 5 | 6.40 | 0.9103 |
| 3 | Áreas Verdes 1 | 6.41 | 0.1117 |
| 4 | Áreas Verdes 8 | 6.42 | 0.2516 |
| 5 | Áreas Verdes 7 | 6.43 | 1.0073 |
| 6 | Áreas Verdes 9 | 6.44 | 0.1922 |
| 7 | Áreas Verdes 11 | 6.45 | 0.0527 |
| 8 | Áreas Verdes 6 | 6.46 | 0.3608 |
| 9 | Áreas Verdes 4 | 6.47 | 1.0965 |
| 10 | Áreas Verdes 12 | 6.48 | 1.4878 |
| 11 | Área Verde 10 | 6.49 | 1.055 |
| 12 | Área Verde: Camino a Cerro Prieto 2 | 6.50 | 4.6815 |
| | | **Total** | **15.0857** |

### Áreas de Evaluación Geológica

Además de las obras y áreas señaladas, en el polígono de la Unidad Nonoalco se distribuyen 15 polígonos correspondientes a Áreas de Evaluación Geológica (Tabla II.49).

*Tabla II.49. Áreas de Evaluación Geológica –Unidad Nonoalco*

| ID Área | Nombre del área | Superficie (ha) |
|---|---|---|
| 6.A.51 | Área de Evaluación Geológica Jalamelco | 3.3078 |
| 6.B.52 | Área de Evaluación Geológica El Lucero | 2.0320 |
| 6.C.53 | Área de Evaluación Geológica Ocotitla | 0.5680 |
| 6.D.54 | Área de Evaluación Geológica Yatitla | 2.3074 |
| 6.E.55 | Área de Evaluación Geológica Mina La Colmena | 17.6046 |
| 6.F.56 | Área de Evaluación Geológica Mina Vieja | 3.7703 |
| 6,G.57 | Área de Evaluación Geológica Ocote Tierno | 3.0294 |
| 6.H.58 | Área de Evaluación Geológica Malila 1 | 1.0929 |
| 6.I.59 | Área de Evaluación Geológica Cajón Malila | 0.5543 |
| 6.J.60 | Área de Evaluación Geológica Presas Malila 3 | 0.1270 |

| ID Área | Nombre del área | Superficie (ha) |
|---|---|---|
| 5.K.61 | Área de Evaluación Geológica Presas Malila 2 | 1.8442 |
| 6.L.62 | Área de Evaluación Geológica Proyecto Júpiter | 5.5558 |
| 6.M.63 | Área de Evaluación Geológica Tepeolo | 13.4497 |
| 6.Ñ.65 | Área de Evaluación Geológica Propiedad Privada | 2.9462 |
| 6.O.66 | Área de Evaluación Geológica Sur de la Chorrera | 1.1339 |
| | **Total** | **59.3235** |

### Zona de Rehabilitación Ambiental (Área 6.N.64)

Esta zona corresponde a una superficie de 1.7500 ha en el área Tepeolo, que fueron impactadas por antiguas extracciones de mineral y que actualmente se encuentran en etapa de pre-cierre.

Las actividades que hasta el momento se han desarrollado consisten en la estabilización, manejo de aguas superficiales, obras de retención de sólidos y reforestación.

Para estabilizar el terreno se conformarán cuatro banquetas, tres de tres metros altura y cinco de ancho; y, a partir del bordo iniciador, una de siete metros de altura y cinco de ancho. La pendiente de las baquetas será de 8°, para favorecer la conducción del agua pluvial hacia las obras de retención.

La retención de sólidos se realizará mediante dos cárcamos que se situarán en la parte más baja del área, así como una cuneta perimetral para encausar el agua pluvial hacia áreas adyacentes.

Se planea establecer un lindero con la carretera mediante la colocación de material fino de suelo recuperado, adecuado para la reforestación y la plantación de una barrera vegetal.

Debido a que las actividades de extracción conformaron un vaso relativamente amplio, se evaluará la alternativa de rellenarlo con material de descapote disponible.

Debido a que parte de este polígono se corresponde con un Área de Evaluación Geológica, será hasta la conclusión de los estudios geológicos que podrá determinarse si el sitio se condena y se continúa con la restauración, o bien, si aún tiene potencial de explotación.

## II.2.2.5. Áreas de Interés de Exploración

El **Proyecto DMA** considera realizar actividades de exploración en 26 polígonos, identificados como Áreas de Interés de Exploración, que cubren, en conjunto, 9,425.3273 ha de superficie sin traslapes (Tabla II.50)

Estas áreas se encuentran situadas en las inmediaciones y al norte de la Unidad Molango, en las inmediaciones y al sur-sureste de la Unidad Naopa, y en las inmediaciones y al noroeste de la Unidad Nonoalco (Figura II.89).

*Tabla II.50. Áreas de Interés de Exploración*

| ID | Nombre del área | A. Superficie total del polígono (ha) | B. Superficie de traslape en áreas operativas (ha) | C. Superficie de traslape en Áreas Verdes (ha) | Superficie sin traslape (ha) [A – B – C] |
|---|---|---|---|---|---|
| **PRÓXIMAS A LA UNIDAD MOLANGO (ZONA NORTE)** | | | | | |
| 6 | Jiadi | 798.7393 | | | 798.7393 |
| 5 | Toltecas | 931.3387 | | | 931.3387 |
| 7 | Gama | 373.2852 | | | 373.2852 |
| 8 | Gama II | 339.5269 | | | 339.5269 |
| 9 | Alfa 1 | 838.0995 | | | 838.0995 |
| 10 | Beta | 290.7414 | | | 290.7414 |
| 11 | San Antonino | 718.5000 | 7.5930 | | 710.9070 |
| 14 | Flanco SW | 202.5000 | 191.2144 | | 11.2856 |
| 15 | Flanco SW II | 88.3363 | 7.5882 | | 80.7481 |
| 13 | Flanco NE | 78.9540 | 74.2962 | | 4.6578 |
| 12 | Coyoles | 432.7500 | 24.2711 | 20.8471 | 387.6318 |
| 18 | Alfa | 327.0161 | | | 327.0161 |
| 19 | San Judas | 263.2500 | 82.3279 | 8.1789 | 172.7432 |
| 24 | San Judas norte | 106.7501 | | | 106.7501 |
| 15 | San Judas oeste | 55.6972 | | | 55.6972 |
| 26 | Tlatelpingo | 242.6857 | | | 242.6857 |
| **PRÓXIMAS A LA UNIDAD NAOPA (ZONA CENTRO)** | | | | | |
| 4 | Naopa NW (Noru) | 1396.0754 | 219.9534 | 103.2501 | 1072.8719 |
| 16 | San Bernardo | 498.7603 | | | 498.7603 |
| **PRÓXIMAS A LA UNIDAD NONOALCO (ZONAS CENTRO Y SUR)** | | | | | |
| 1 | Júpiter | 272.4644 | 15.3552 | 0.5279 | 256.5813 |
| 2 | Nonoalco | 241.1762 | 42.1294 | 9.4394 | 189.6074 |
| 3 | Puma | 251.5859 | 1.2527 | | 250.3332 |
| 17 | Ixmolintla | 646.9599 | 18.7052 | | 628.2547 |
| 20 | Jalamelco | 170.3382 | 2.7851 | | 167.5531 |
| 21 | Xochicoatlán | 182.8093 | | | 182.8093 |
| 22 | El Lucero | 189.2060 | 0.0731 | | 189.1329 |
| 23 | Zeta | 324.3387 | 6.7691 | | 317.5696 |
| | **Totales** | **10,261.8847** | **694.3140** | **142.2434** | **9,425.3273** |
| | | | **836.5574** | | |



SANAT
Soluciones en Gestión Ambiental

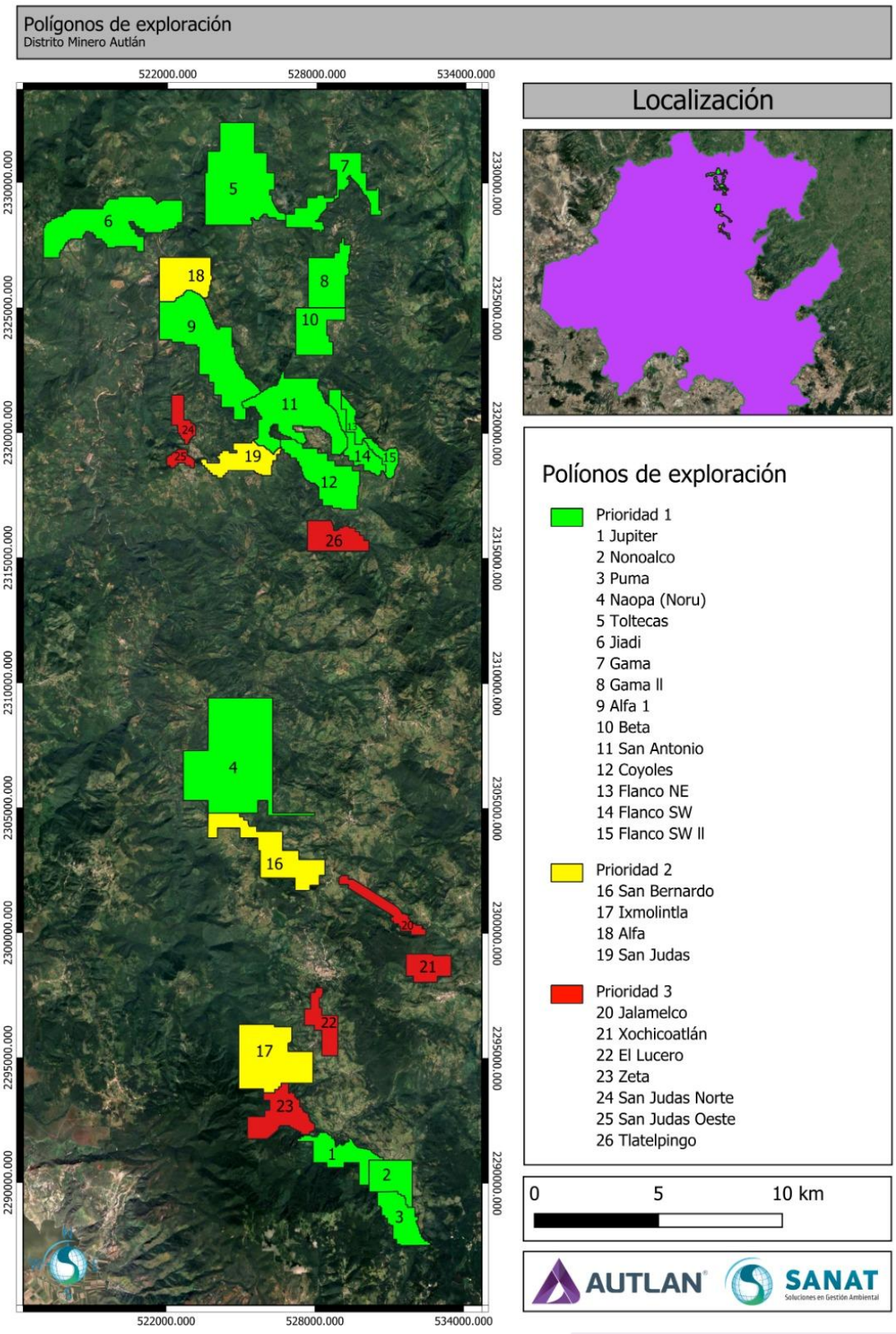



*Figura II.89. Polígonos de Exploración*

Las actividades de exploración pretendidas se amparan en los Títulos de Concesión Minera de Exploración, expedidos por la Secretaría de Economía a favor de la Compañía (Tabla II.51 y Figura II.90).

*Tabla II.51. Concesiones Mineras de exploración del proyecto DM*

| No. | No. Título | Lote | Superficie (ha) | Municipio |
|---|---|---|---|---|
| 1 | 163391 | Molintla | 4.0563 | Molango de Escamilla |
| 2 | 163588 | Caridad | 90.0000 | Molango de Escamilla |
| 3 | 165166 | Piedras Negras | 90.0000 | Molango de Escamilla |
| 4 | 165527 | El Gallo | 90.0000 | Molango de Escamilla |
| 5 | 165758 | Ampliación de Xalamelco | 95.3486 | Molango de Escamilla |
| 6 | 165760 | San Martín | 90.0000 | Molango de Escamilla |
| 7 | 165815 | Piedras Negras Tres | 100.0000 | Molango de Escamilla |
| 8 | 166031 | Quince | 10.0000 | Molango de Escamilla |
| 9 | 166032 | Conzoquico | 9.0000 | Molango de Escamilla |
| 10 | 166361 | San Martín | 90.0000 | Molango de Escamilla |
| 11 | 166364 | Santa María | 100.0000 | Molango de Escamilla |
| 12 | 166415 | Piedras Negras Dos | 100.0000 | Molango de Escamilla |
| 13 | 166416 | Molintla Dos | 14.8080 | Molango de Escamilla |
| 14 | 166434 | Nido de Águilas | 20.0000 | Molango de Escamilla |
| 15 | 166435 | Júpiter | 20.0000 | Molango de Escamilla |
| 16 | 166672 | Conzoquico I | 100.0000 | Molango de Escamilla |
| 17 | 166907 | El Lucero | 5.5967 | Molango de Escamilla |
| 18 | 169875 | Buena Vista | 90.0000 | Molango de Escamilla |
| 19 | 169876 | La Providencia | 90.0000 | Molango de Escamilla |
| 20 | 172576 | Hoyo 19 | 108.6200 | Xochicoatlán |
| 21 | 172577 | Hoyo 21 | 40.0000 | Xochicoatlán |
| 22 | 172578 | Hoyo 22 | 40.0000 | Xochicoatlán |
| 23 | 172579 | Hoyo 20 | 50.0000 | Xochicoatlán |
| 24 | 179717 | Ampl. Dos De Molintla | 23.2202 | Molango de Escamilla |
| 25 | 179918 | Cuatro | 78.9400 | Molango de Escamilla |
| 26 | 181170 | Diez y Nueve | 100.0000 | Molango de Escamilla |
| 27 | 181171 | Veintisiete | 100.0000 | Molango de Escamilla |
| 28 | 181199 | El Triunfo | 100.0000 | Molango de Escamilla |
| 29 | 181222 | Conzoquico iii | 91.0000 | Molango de Escamilla |
| 30 | 182554 | La Montaña I | 90.0000 | Molango de Escamilla |
| 31 | 184283 | Acoscatlán No. 14 | 75.0000 | Tepehuacán de Guerrero |
| 32 | 184284 | San Fernando | 9.0000 | Tlanchinol |
| 33 | 184285 | Acatepec 60 | 462.0625 | Lolotla |
| 34 | 184286 | Acoscatlán No. 4 | 100.0000 | Tepehuacán de Guerrero |
| 35 | 184287 | Acoscatlán No. 6 | 100.0000 | Tepehuacán de Guerrero |
| 36 | 184288 | Acoscatlán No. 5 | 100.0000 | Tepehuacán de Guerrero |
| 37 | 184289 | Cerro Prieto Tres | 100.0000 | Xochicoatlán |
| 38 | 184291 | Xilitla 15 | 500.0000 | Tepehuacán de Guerrero |
| 39 | 184292 | San Fernando No. 12 | 100.0000 | Tlanchinol |
| 40 | 184293 | Acatepec No. 59 | 92.8935 | Lolotla |
| 41 | 184294 | Cuantla | 100.0000 | Molango de Escamilla |

| No. | No. Título | Lote | Superficie (ha) | Municipio |
|---|---|---|---|---|
| 42 | 184295 | San Fernando No. 13 | 100.0000 | Tlanchinol |
| 43 | 184296 | Molango | 318.1594 | Molango de Escamilla |
| 44 | 184297 | Cuantla Num. 11 | 100.0000 | Molango de Escamilla |
| 45 | 184298 | Ohuexco | 52.7912 | Molango de Escamilla |
| 46 | 184299 | Cuantla Num. 9 | 100.0000 | Molango de Escamilla |
| 47 | 185261 | San Guillermo | 50.8521 | Xochicoatlán |
| 48 | 185401 | San Antonio III | 100.0000 | Molango de Escamilla |
| 49 | 185402 | San Fernando No. 76 | 100.0000 | Tlanchinol |
| 50 | 185403 | San Fernando No. 77 | 100.0000 | Tlanchinol |
| 51 | 185404 | San Fernando No. 75 | 100.0000 | Tlanchinol |
| 52 | 185405 | Cerro Prieto Uno | 100.0000 | Xochicoatlán |
| 53 | 185406 | San Antonio XXIX | 100.0000 | Molango de Escamilla |
| 54 | 185407 | San Antonio XX | 100.0000 | Molango de Escamilla |
| 55 | 185408 | San Fernando No. 20 | 100.0000 | Tlanchinol |
| 56 | 185409 | Acoscatlán No. 10 | 100.0000 | Tepehuacán de Guerrero |
| 57 | 185410 | Cuantla Num. Dos | 100.0000 | Molango de Escamilla |
| 58 | 185411 | San Antonio IV | 100.0000 | Molango de Escamilla |
| 59 | 185488 | Cerro Prieto Dos | 100.0000 | Xochicoatlán |
| 60 | 185489 | San Fernando Num. 56 | 100.0000 | Tlanchinol |
| 61 | 185490 | San Fernando Num. 44 | 100.0000 | Tlanchinol |
| 62 | 185491 | San Antonio XXVIII | 100.0000 | Molango de Escamilla |
| 63 | 185492 | Acoscatlán No. 3 | 100.0000 | Tepehuacán de Guerrero |
| 64 | 185493 | Cerro Prieto Cuatro | 75.0000 | Xochicoatlán |
| 65 | 185494 | Cerro Prieto Seis | 91.0000 | Xochicoatlán |
| 66 | 185495 | San Antonio XXII | 100.0000 | Molango de Escamilla |
| 67 | 185496 | Cerro Prieto Cinco | 100.0000 | Xochicoatlán |
| 68 | 185497 | Cerro Prieto Nueve | 255.0000 | Xochicoatlán |
| 69 | 185498 | Cerro Prieto | 9.0000 | Xochicoatlán |
| 70 | 185499 | Acoscatlán No. 8 | 75.0000 | Tepehuacán de Guerrero |
| 71 | 185500 | Acoscatlán 22 | 120.0000 | Tepehuacán de Guerrero |
| 72 | 185508 | Acoscatlán No. 1 | 100.0000 | Lolotla |
| 73 | 185509 | Acoscatlán No. 19 | 75.0000 | Tepehuacán de Guerrero |
| 74 | 185510 | Acoscatlán No. 2 | 100.0000 | Lolotla |
| 75 | 185511 | Acoscatlán No. 12 | 22.0000 | Tepehuacán de Guerrero |
| 76 | 185512 | San Antonio XXVI | 25.0000 | Molango de Escamilla |
| 77 | 185513 | Acoscatlán No. 20 | 100.0000 | Lolotla |
| 78 | 185514 | San Fernando No. 21 | 100.0000 | Tlanchinol |
| 79 | 185515 | Acoscatlán No. 15 | 25.0000 | Tepehuacán de Guerrero |
| 80 | 185516 | Acoscatlán No. 7 | 75.0000 | Tepehuacán de Guerrero |
| 81 | 185517 | San Antonio II | 100.0000 | Molango de Escamilla |
| 82 | 185518 | San Fernando 19 | 100.0000 | Tlanchinol |
| 83 | 185519 | San Fernando 11 | 95.0000 | Tlanchinol |

| No. | No. Título | Lote | Superficie (ha) | Municipio |
|---|---|---|---|---|
| 84 | 185520 | San Fernando Num. 6 | 25.0000 | Tlanchinol |
| 85 | 185641 | Acoscatlán No. 9 | 75.0000 | Tepehuacán de Guerrero |
| 86 | 185642 | Acoscatlán No. 18 | 50.0000 | Tepehuacán de Guerrero |
| 87 | 185643 | San Fernando Num. 49 | 25.0000 | Tlanchinol |
| 88 | 185644 | San Fernando Num. 4 | 100.0000 | Tlanchinol |
| 89 | 185645 | San Fernando No. 3 | 100.0000 | Tlanchinol |
| 90 | 185646 | San Fernando Num. 2 | 12.0000 | Tlanchinol |
| 91 | 185647 | San Antonio XXI | 100.0000 | Molango de Escamilla |
| 92 | 185648 | Acoscatlán No. 11 | 100.0000 | Tepehuacán de Guerrero |
| 93 | 185649 | San Fernando No. 10 | 100.0000 | Tlanchinol |
| 94 | 185650 | Cerro Prieto Ocho | 75.0000 | Xochicoatlán |
| 95 | 185651 | Cerro Prieto Siete | 100.0000 | Xochicoatlán |
| 96 | 185652 | San Fernado Num. 57 | 100.0000 | Tlanchinol |
| 97 | 185653 | San Fernando 23 | 100.0000 | Tlanchinol |
| 98 | 185654 | San Fernando 32 | 100.0000 | Tlanchinol |
| 99 | 185741 | San Fernando No. 61 | 100.0000 | Tlanchinol |
| 100 | 185742 | San Fernando 31 | 100.0000 | Tlanchinol |
| 101 | 185743 | San Fernando No. 59 | 100.0000 | Tlanchinol |
| 102 | 185744 | San Fernando No. 63 | 100.0000 | Tlanchinol |
| 103 | 185745 | San Fernando Num. 50 | 20.0000 | Tlanchinol |
| 104 | 185746 | San Fernando No. 25 | 100.0000 | Tlanchinol |
| 105 | 185747 | San Fernando No. 47 | 100.0000 | Tlanchinol |
| 106 | 185748 | San Fernando No. 71 | 100.0000 | Tlanchinol |
| 107 | 185749 | San Fernando Num. 62 | 100.0000 | Tlanchinol |
| 108 | 185750 | San Fernando Num. 48 | 74.0000 | Tlanchinol |
| 109 | 185751 | San Fernando No. 69 | 100.0000 | Tlanchinol |
| 110 | 185752 | San Fernando Num. 51 | 15.0000 | Tlanchinol |
| 111 | 185753 | San Antonio XXVII | 100.0000 | Molango de Escamilla |
| 112 | 185754 | San Fernando Num. 58 | 100.0000 | Tlanchinol |
| 113 | 185755 | Acoscatlán No. 17 | 15.0000 | Tepehuacán de Guerrero |
| 114 | 185756 | San Fernando No. 24 | 100.0000 | Tlanchinol |
| 115 | 185757 | San Fernando 26 | 100.0000 | Tlanchinol |
| 116 | 185758 | San Fernando 28 | 100.0000 | Tlanchinol |
| 117 | 185759 | San Fernando No. 46 | 100.0000 | Tlanchinol |
| 118 | 185760 | San Fernando No. 45 | 100.0000 | Tlanchinol |
| 119 | 185775 | Hoyo 23 | 39.5750 | Xochicoatlán |
| 120 | 185861 | San Fernando 29 | 100.0000 | Tlanchinol |
| 121 | 185862 | San Fernando 30 | 100.0000 | Tlanchinol |
| 122 | 185864 | Nueve | 100.0000 | Molango de Escamilla |
| 123 | 185876 | San Fernando 1 | 52.7500 | Tlanchinol |
| 124 | 186270 | Hoyo 26 | 67.3300 | Xochicoatlán |
| 125 | 186729 | San Nicolás | 100.0000 | Xochicoatlán |

| No. | No. Título | Lote | Superficie (ha) | Municipio |
|---|---|---|---|---|
| 126 | 187356 | San Fernando 9 | 30.0000 | Tlanchinol |
| 127 | 187357 | San Fernando 27 | 100.0000 | Tlanchinol |
| 128 | 187358 | San Fernando 22 | 100.0000 | Tlanchinol |
| 129 | 187359 | San Fernando No. 60 | 100.0000 | Tlanchinol |
| 130 | 187360 | San Fernando No. 70 | 100.0000 | Tlanchinol |
| 131 | 188879 | San Fernando Num. 5 | 67.0000 | Tlanchinol |
| 132 | 189021 | Piedras Negras Cuatro | 50.0000 | Molango de Escamilla |
| 133 | 189288 | San Ruperto | 10.0000 | Xochicoatlán |
| 134 | 191088 | Ofelia | 100.0000 | Xochicoatlán |
| 135 | 191135 | B | 10.0000 | Molango de Escamilla |
| 136 | 192799 | Tepeyac | 9.0000 | Molango de Escamilla |
| 137 | 194144 | Cerro Prieto 11 | 400.0000 | Xochicoatlán |
| 138 | 195410 | Piedras Negras Cinco | 50.0000 | Molango de Escamilla |
| 139 | 196300 | Treinta | 100.0000 | Molango de Escamilla |
| 140 | 206026 | Siete Leguas III | 100.0000 | Xochicoatlán |
| 141 | 206181 | Caridad Dos | 77.0000 | Molango de Escamilla |
| 142 | 206184 | San Crispín | 50.0000 | Molango de Escamilla |
| 143 | 208068 | Huitepec | 559.0726 | Tlanchinol |
| 144 | 210476 | Axocoatlán 2 | 24.0000 | Molango de Escamilla |
| 145 | 210477 | Xaclaltzongo | 240.7900 | Molango de Escamilla |
| 146 | 210478 | Xuchitlán | 754.0000 | Lolotla |
| 147 | 210727 | Chintitla II | 100.0000 | Molango de Escamilla |
| 148 | 211154 | Veintiocho | 100.0000 | Molango de Escamilla |
| 149 | 211446 | Nonoalco | 45.8665 | Xochicoatlán |
| 150 | 211447 | Veintinueve | 100.0000 | Molango de Escamilla |
| 151 | 211495 | San Fernando 67 | 100.0000 | Tlanchinol |
| 152 | 213846 | Xochicoatlán | 993.3774 | Xochicoatlán |
| 153 | 214144 | Veintidos | 80.0000 | Molango de Escamilla |
| 154 | 214444 | Veintiuno | 100.0000 | Molango de Escamilla |
| 155 | 224524 | Naopa | 370.0000 | Molango de Escamilla |
| 156 | 238141 | Xilitla | 6,066.8040 | Tepehuacán de Guerrero |
| 157 | 238769 | La Guadalupana | 41.3360 | Molango de Escamilla |

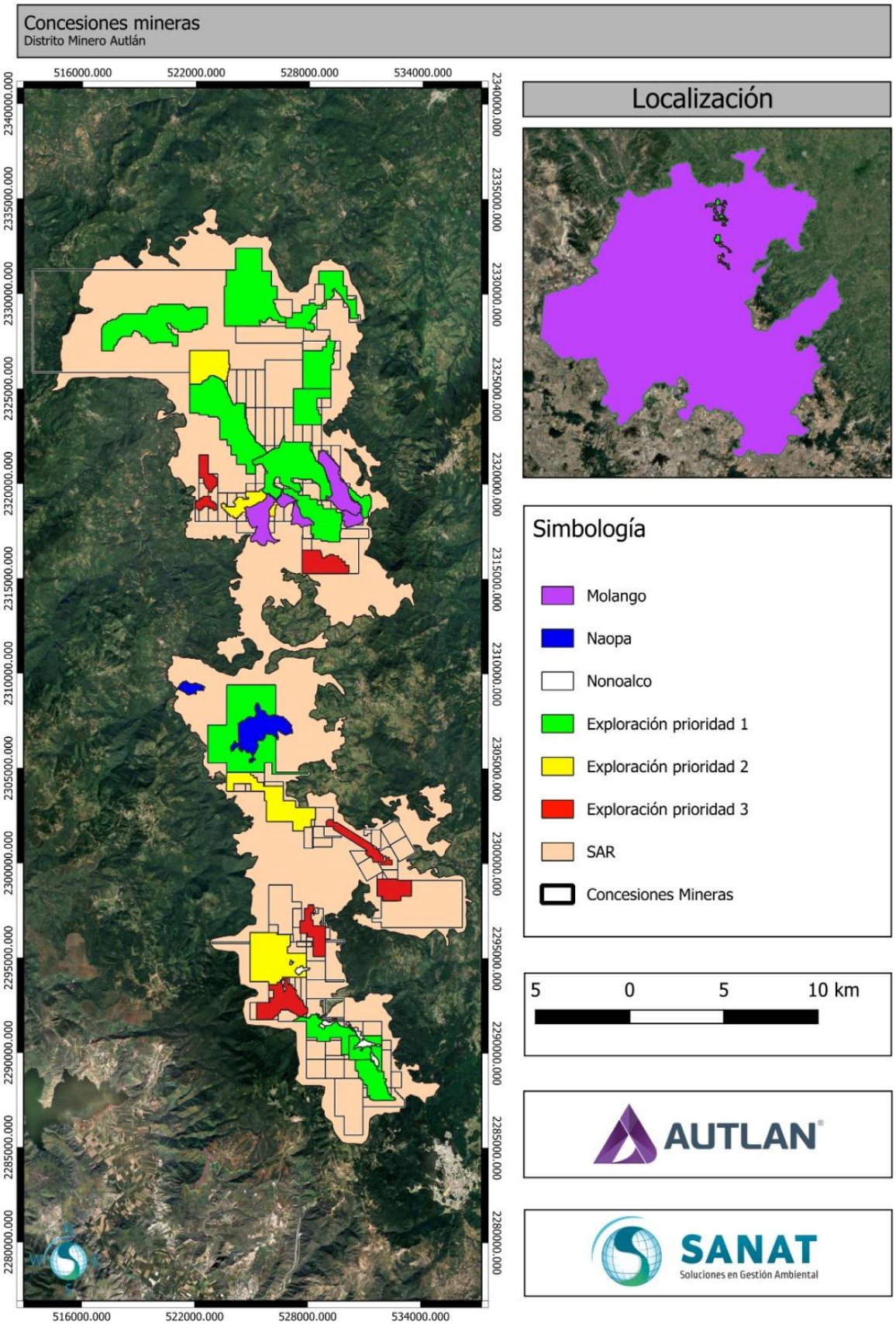



*Figura II.90. Concesiones mineras de Exploración*

Si bien, las Área de Interés de Exploración (AIE) dan una superficie de 9,425.3273 ha sin traslapes, distribuidas en 26 polígonos, actualmente sólo se han definido obras para los proyectos San Antonio (27 planillas de barrenación, seis patios de maniobras y caminos) en una superficie de 151 ha, y para Naopa NW (Noru) (49 planillas de barrenación, cinco patios de maniobras y caminos) en una superficie de 89.7 ha (Figuras II. 91 y II.93).

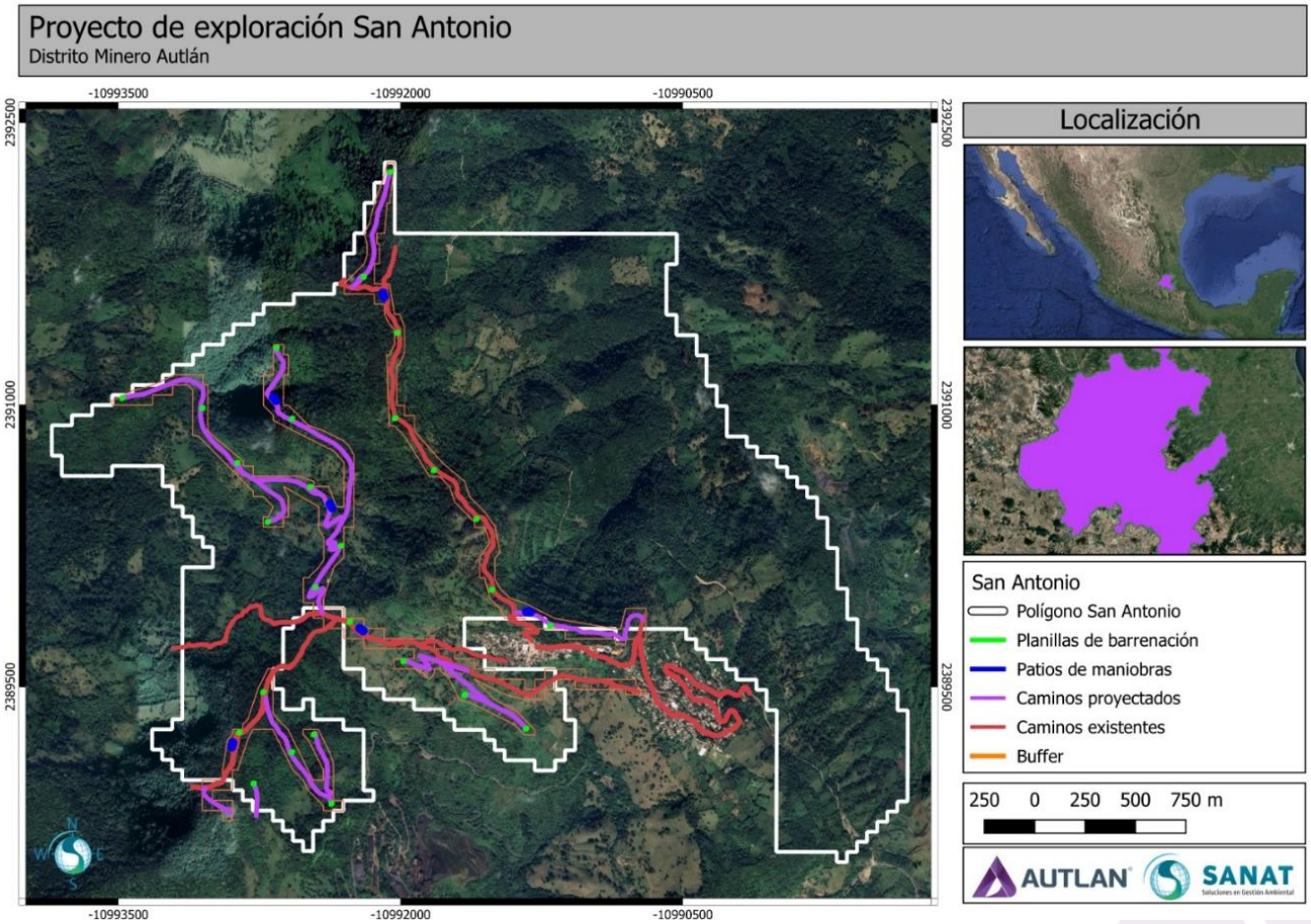



*Figura II.91. Proyecto de exploración San Antonio*

En la Tabla II.52 y Figura II.92 se muestra el tipo de uso de suelo y vegetación que existe en el lugar donde se pretende ubicar las obras de exploración de San Antonio.

*Tabla II. 52. Usos de Suelo y Vegetación en donde se proponen realizar las obras de exploración San Antonio*

| Clave de vegetación | Tipos USV (Agrupado) | Tipos USV (natural) | Tipos USV/Veg. Sec. | Nombre de la geometría | Compo-nente | Superficie del USV (ha) | Superficie de la geometría ($m^2$) | Superficie de incidencia ($m^2$) | Porcentaje de incidencia |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| AH | Asentamientos humanos | No aplicable | Asentamientos humanos | San Antonio-Área de afectación | Obras | 29 | 424,863 | 5,408 | 1.272880905 |
| BM | Bosque de mesófilo de montaña | Bosque de mesófilo de montaña | Bosque mesófilo de montaña | San Antonio-Área de afectación | Obras | 21,184 | 424,863 | 79,332 | 18.67237204 |
| BM | Bosque de mesófilo de montaña | Bosque de mesófilo de montaña | Bosque mesófilo de montaña | San Antonio-Área de afectación | Obras | 21,184 | 122,734 | 62,334 | 50.78788274 |

| Clave de vegetación | Tipos USV (Agrupado) | Tipos USV (natural) | Tipos USV/Veg. Sec. | Nombre de la geometría | Compo-nente | Superficie del USV (ha) | Superficie de la geometría ($m^2$) | Superficie de incidencia ($m^2$) | Porcentaje de incidencia |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| BM | Bosque de mesófilo de montaña | Bosque de mesófilo de montaña | Bosque mesófilo de montaña | San Antonio-Área de afectación | Obras | 21,184 | 229,727 | 106,138 | 46.20179604 |
| BM | Bosque de mesófilo de montaña | Bosque de mesófilo de montaña | Bosque mesófilo de montaña | San Antonio-Área de afectación | Obras | 21,184 | 11,321 | 4,971 | 43.90954863 |
| PC | Pastizal cultivado | No aplicable | Pastizal cultivado | San Antonio-Área de afectación | Obras | 113 | 424,863 | 132,309 | 31.14156799 |
| PC | Pastizal cultivado | No aplicable | Pastizal cultivado | San Antonio-Área de afectación | Obras | 113 | 122,734 | 6,376 | 5.194974498 |
| PC | Pastizal cultivado | No aplicable | Pastizal cultivado | San Antonio-Área de afectación | Obras | 113 | 229,727 | 24,026 | 10.45850074 |
| TP | Agricultura de temporal | No aplicable | Agricultura de temporal permanente | San Antonio-Área de afectación | Obras | 255 | 424,863 | 52,644 | 12.39081775 |
| VSa/BM | Bosque de mesófilo de montaña | Bosque de mesófilo de montaña | Vegetación secundaria arbustiva de bosque mesófilo de montaña | San Antonio-Área de afectación | Obras | 218 | 424,863 | 155,170 | 36.52236133 |
| VSa/BM | Bosque de mesófilo de montaña | Bosque de mesófilo de montaña | Vegetación secundaria arbustiva de bosque mesófilo de montaña | San Antonio-Área de afectación | Obras | 163 | 122,734 | 54,025 | 44.01795753 |
| VSa/BM | Bosque de mesófilo de montaña | Bosque de mesófilo de montaña | Vegetación secundaria arbustiva de bosque mesófilo de montaña | San Antonio-Área de afectación | Obras | 188 | 229,727 | 99,563 | 43.33970321 |

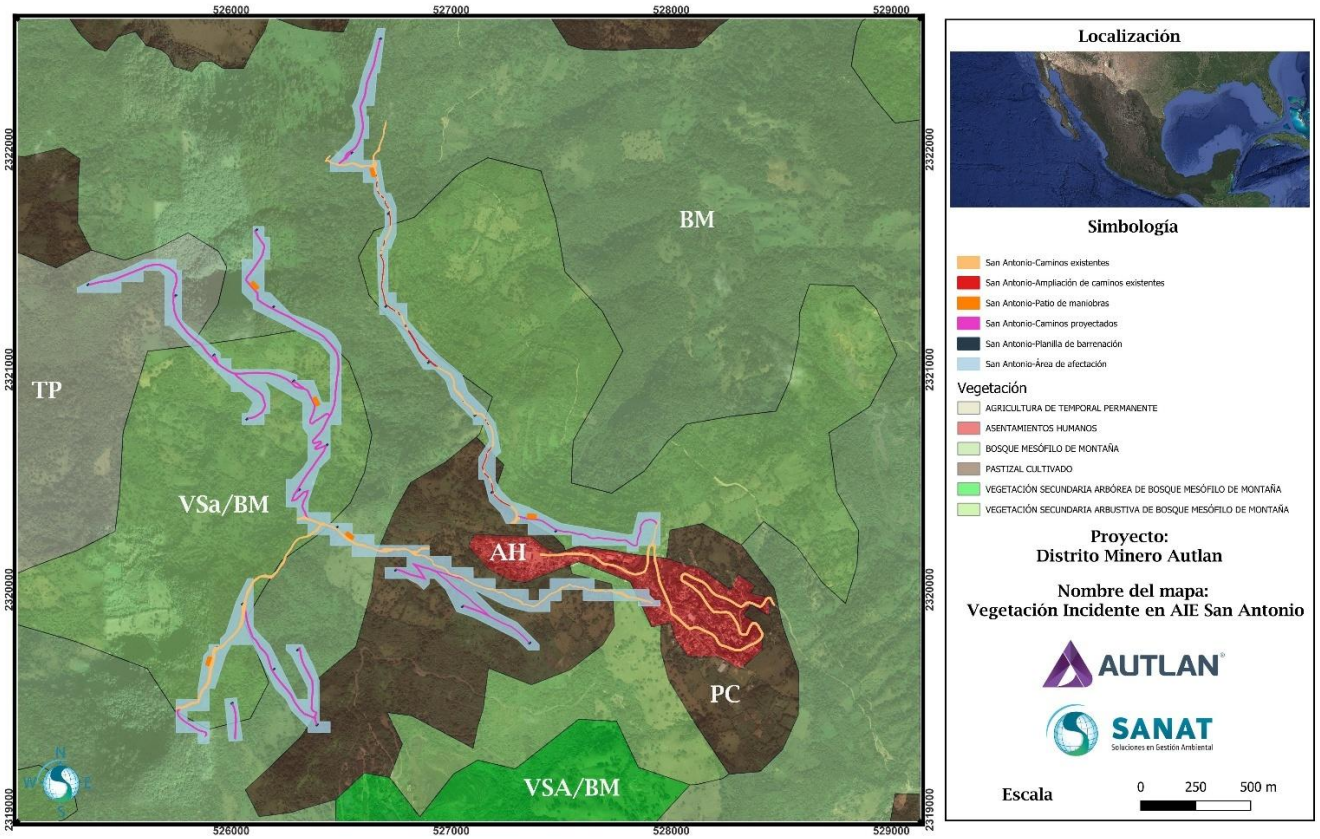



*Figura II. 92. Tipo de Uso de Suelo y Vegetación en donde se proponen realizar las obras de exploración San Antonio*

A continuación, se muestra el proyecto de exploración Naopa NW (Noru) con 49 planillas de barrenación, cinco patios de maniobras y caminos. Figura II.93).

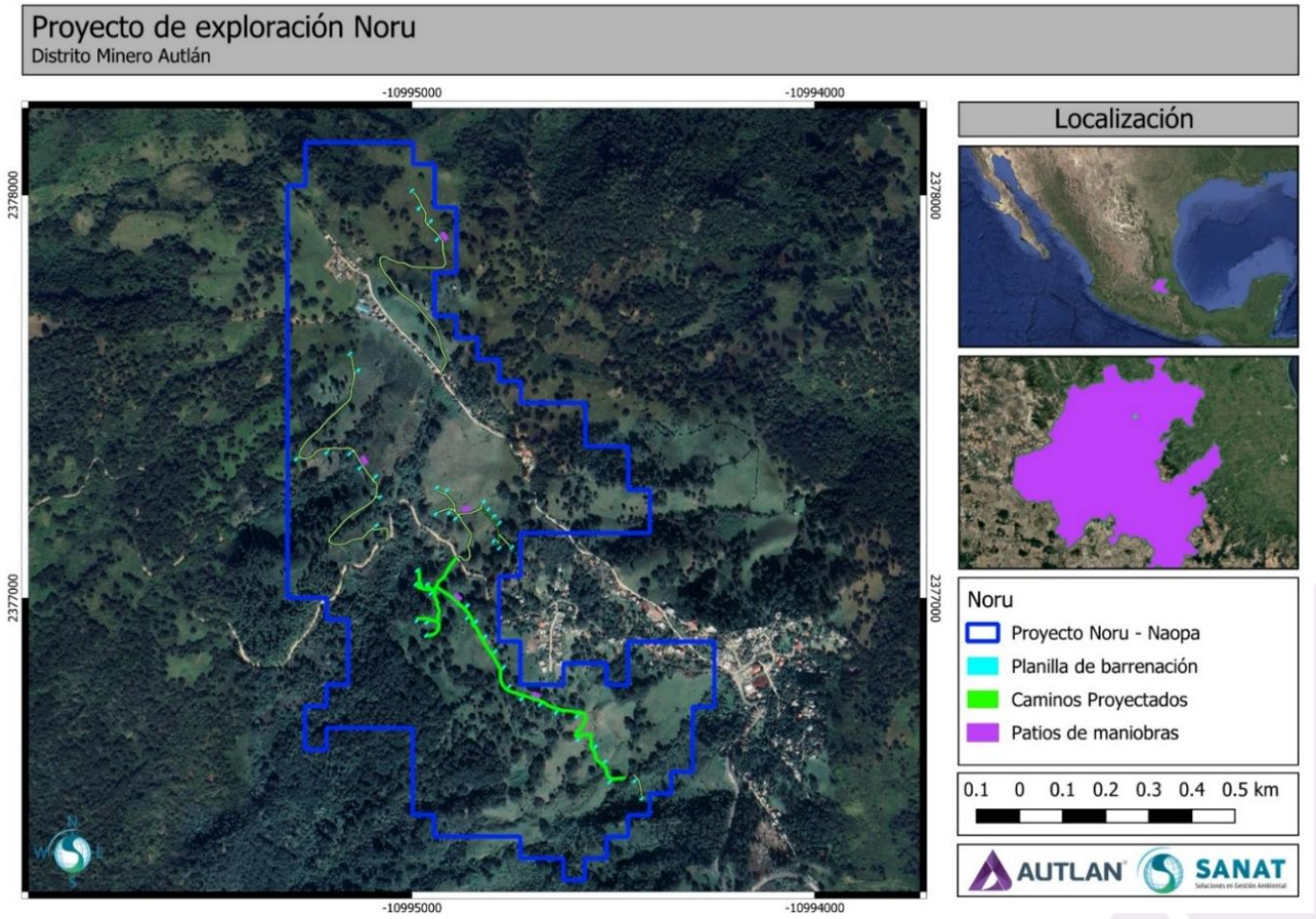



*Figura II.93. Proyecto de exploración Naopa NW (Noru)*

En la Tabla II.53 y Figura II.94 se muestra el tipo de uso de suelo y vegetación que existe en el lugar donde se pretende ubicar las obras de exploración de Naopa NW (Noru).

*Tabla II. 53. Usos de Suelo y Vegetación en donde se proponen realizar las obras de exploración de Naopa NW (Noru)*

| Clave de vegetación | Tipos USV (Agrupado) | Tipos USV (natural) | Tipos USV/Veg. Sec. | Nombre de la geometría | Compo-nente | Superficie del USV (ha) | Superficie de la geometría (m²) | Superficie de incidencia (m²) | Porcentaje de incidencia |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| BM | Bosque de mesófilo de montaña | Bosque de mesófilo de montaña | Bosque mesófilo de montaña | Patio de maniobras | Obras | 217.62 | 216 | 216.00 | 100 |
| BM | Bosque de mesófilo de montaña | Bosque de mesófilo de montaña | Bosque mesófilo de montaña | Patio de maniobras | Obras | 217.62 | 216 | 13.53 | 6.263 |
| PC | Pastizal cultivado | No aplicable | Pastizal cultivado | Patio de maniobras | Obras | 149.00 | 216 | 216.00 | 100 |
| PC | Pastizal cultivado | No aplicable | Pastizal cultivado | Patio de maniobras | Obras | 149.00 | 216 | 216.00 | 100 |

| Clave de vegetación | Tipos USV (Agrupado) | Tipos USV (natural) | Tipos USV/Veg. Sec. | Nombre de la geometría | Compo-nente | Superficie del USV (ha) | Superficie de la geometría ($m^2$) | Superficie de incidencia ($m^2$) | Porcentaje de incidencia |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| PC | Pastizal cultivado | No aplicable | Pastizal cultivado | Patio de maniobras | Obras | 149.00 | 216.00 | 202.47 | 93.73 |
| VSa/BM | Bosque de mesófilo de montaña | Bosque de mesófilo de montaña | Vegetación secundaria arbustiva de bosque mesófilo de montaña | Patio de maniobras | Obras | 1369.51 | 216.00 | 216.00 | 100 |
| BM | Bosque de mesófilo de montaña | Bosque de mesófilo de montaña | Bosque mesófilo de montaña | Caminos de exploración | Obras | 218 | 4,432 | 661 | 14.91 |
| PC | Pastizal cultivado | No aplicable | Pastizal cultivado | Caminos de exploración | Obras | 149 | 4,432 | 3,771 | 85.08 |
| BM | Bosque de mesófilo de montaña | Bosque de mesófilo de montaña | Bosque mesófilo de montaña | Caminos de exploración | Obras | 218 | 3,615 | 3,435 | 95.02 |
| PC | Pastizal cultivado | No aplicable | Pastizal cultivado | Caminos de exploración | Obras | 149 | 1,921 | 1,921 | 100 |
| PC | Pastizal cultivado | No aplicable | Pastizal cultivado | Caminos de exploración | Obras | 149 | 233 | 233 | 100 |
| PC | Pastizal cultivado | No aplicable | Pastizal cultivado | Caminos de exploración | Obras | 149 | 2,742 | 1,110 | 40.48 |
| PC | Pastizal cultivado | No aplicable | Pastizal cultivado | Caminos de exploración | Obras | 149 | 3,615 | 180 | 4.97 |
| VSa/BM | Bosque de mesófilo de montaña | Bosque de mesófilo de montaña | Vegetación secundaria arbustiva de bosque mesófilo de montaña | Caminos de exploración | Obras | 1,370 | 2,742 | 1,633 | 59.55 |
| BM | Bosque de mesófilo de montaña | Bosque de mesófilo de montaña | Bosque mesófilo de montaña | Estaciones de barrenación | Obras | 218 | 72 | 72 | 100 |
| BM | Bosque de mesófilo de montaña | Bosque de mesófilo de montaña | Bosque mesófilo de montaña | Estaciones de barrenación | Obras | 218 | 72 | 0 | 0 |
| BM | Bosque de mesófilo de montaña | Bosque de mesófilo de montaña | Bosque mesófilo de montaña | Estaciones de barrenación | Obras | 218 | 72 | 72 | 100 |
| BM | Bosque de mesófilo de montaña | Bosque de mesófilo de montaña | Bosque mesófilo de montaña | Estaciones de barrenación | Obras | 218 | 72 | 2 | 2.77 |
| BM | Bosque de mesófilo de montaña | Bosque de mesófilo de montaña | Bosque mesófilo de montaña | Estaciones de barrenación | Obras | 218 | 72 | 72 | 100 |
| BM | Bosque de mesófilo de montaña | Bosque de mesófilo de montaña | Bosque mesófilo de montaña | Estaciones de barrenación | Obras | 218 | 72 | 72 | 100 |
| BM | Bosque de mesófilo de montaña | Bosque de mesófilo de montaña | Bosque mesófilo de montaña | Estaciones de barrenación | Obras | 218 | 72 | 72 | 100 |
| BM | Bosque de mesófilo de montaña | Bosque de mesófilo de montaña | Bosque mesófilo de montaña | Estaciones de barrenación | Obras | 218 | 72 | 72 | 100 |
| BM | Bosque de mesófilo de montaña | Bosque de mesófilo de montaña | Bosque mesófilo de montaña | Estaciones de barrenación | Obras | 218 | 72 | 72 | 100 |

| Clave de vegetación | Tipos USV (Agrupado) | Tipos USV (natural) | Tipos USV/Veg. Sec. | Nombre de la geometría | Compo-nente | Superficie del USV (ha) | Superficie de la geometría ($m^2$) | Superficie de incidencia ($m^2$) | Porcentaje de incidencia |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| BM | Bosque de mesófilo de montaña | Bosque de mesófilo de montaña | Bosque mesófilo de montaña | Estaciones de barrenación | Obras | 218 | 72 | 72 | 100 |
| BM | Bosque de mesófilo de montaña | Bosque de mesófilo de montaña | Bosque mesófilo de montaña | Estaciones de barrenación | Obras | 218 | 72 | 0 | 0 |
| BM | Bosque de mesófilo de montaña | Bosque de mesófilo de montaña | Bosque mesófilo de montaña | Estaciones de barrenación | Obras | 218 | 72 | 72 | 100 |
| BM | Bosque de mesófilo de montaña | Bosque de mesófilo de montaña | Bosque mesófilo de montaña | Estaciones de barrenación | Obras | 218 | 72 | 72 | 100 |
| PC | Pastizal cultivado | No aplicable | Pastizal cultivado | Estaciones de barrenación | Obras | 149 | 72 | 72 | 100 |
| PC | Pastizal cultivado | No aplicable | Pastizal cultivado | Estaciones de barrenación | Obras | 149 | 72 | 72 | 100 |
| PC | Pastizal cultivado | No aplicable | Pastizal cultivado | Estaciones de barrenación | Obras | 149 | 72 | 72 | 100 |
| PC | Pastizal cultivado | No aplicable | Pastizal cultivado | Estaciones de barrenación | Obras | 149 | 72 | 72 | 100 |
| PC | Pastizal cultivado | No aplicable | Pastizal cultivado | Estaciones de barrenación | Obras | 149 | 72 | 72 | 100 |
| PC | Pastizal cultivado | No aplicable | Pastizal cultivado | Estaciones de barrenación | Obras | 149 | 72 | 72 | 100 |
| PC | Pastizal cultivado | No aplicable | Pastizal cultivado | Estaciones de barrenación | Obras | 149 | 72 | 72 | 100 |
| PC | Pastizal cultivado | No aplicable | Pastizal cultivado | Estaciones de barrenación | Obras | 149 | 72 | 72 | 100 |
| PC | Pastizal cultivado | No aplicable | Pastizal cultivado | Estaciones de barrenación | Obras | 149 | 72 | 72 | 100 |
| PC | Pastizal cultivado | No aplicable | Pastizal cultivado | Estaciones de barrenación | Obras | 149 | 72 | 72 | 100 |
| PC | Pastizal cultivado | No aplicable | Pastizal cultivado | Estaciones de barrenación | Obras | 149 | 72 | 72 | 100 |
| PC | Pastizal cultivado | No aplicable | Pastizal cultivado | Estaciones de barrenación | Obras | 149 | 72 | 72 | 100 |
| PC | Pastizal cultivado | No aplicable | Pastizal cultivado | Estaciones de barrenación | Obras | 149 | 72 | 72 | 100 |
| PC | Pastizal cultivado | No aplicable | Pastizal cultivado | Estaciones de barrenación | Obras | 149 | 72 | 72 | 100 |
| PC | Pastizal cultivado | No aplicable | Pastizal cultivado | Estaciones de barrenación | Obras | 149 | 72 | 72 | 100 |
| PC | Pastizal cultivado | No aplicable | Pastizal cultivado | Estaciones de barrenación | Obras | 149 | 72 | 72 | 100 |
| PC | Pastizal cultivado | No aplicable | Pastizal cultivado | Estaciones de barrenación | Obras | 149 | 72 | 72 | 100 |

| Clave de vegetación | Tipos USV (Agrupado) | Tipos USV (natural) | Tipos USV/Veg. Sec. | Nombre de la geometría | Compo-nente | Superficie del USV (ha) | Superficie de la geometría ($m^2$) | Superficie de incidencia ($m^2$) | Porcentaje de incidencia |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| PC | Pastizal cultivado | No aplicable | Pastizal cultivado | Estaciones de barrenación | Obras | 149 | 72 | 72 | 100 |
| PC | Pastizal cultivado | No aplicable | Pastizal cultivado | Estaciones de barrenación | Obras | 149 | 72 | 72 | 100 |
| PC | Pastizal cultivado | No aplicable | Pastizal cultivado | Estaciones de barrenación | Obras | 149 | 72 | 72 | 100 |
| PC | Pastizal cultivado | No aplicable | Pastizal cultivado | Estaciones de barrenación | Obras | 149 | 72 | 72 | 100 |
| PC | Pastizal cultivado | No aplicable | Pastizal cultivado | Estaciones de barrenación | Obras | 149 | 72 | 72 | 100 |
| PC | Pastizal cultivado | No aplicable | Pastizal cultivado | Estaciones de barrenación | Obras | 149 | 72 | 70 | 97.222 |
| PC | Pastizal cultivado | No aplicable | Pastizal cultivado | Estaciones de barrenación | Obras | 149 | 72 | 72 | 100 |
| PC | Pastizal cultivado | No aplicable | Pastizal cultivado | Estaciones de barrenación | Obras | 149 | 72 | 72 | 100 |
| PC | Pastizal cultivado | No aplicable | Pastizal cultivado | Estaciones de barrenación | Obras | 149 | 72 | 72 | 100 |
| PC | Pastizal cultivado | No aplicable | Pastizal cultivado | Estaciones de barrenación | Obras | 149 | 72 | 72 | 100 |
| PC | Pastizal cultivado | No aplicable | Pastizal cultivado | Estaciones de barrenación | Obras | 149 | 72 | 72 | 100 |
| PC | Pastizal cultivado | No aplicable | Pastizal cultivado | Estaciones de barrenación | Obras | 149 | 72 | 72 | 100 |
| PC | Pastizal cultivado | No aplicable | Pastizal cultivado | Estaciones de barrenación | Obras | 149 | 72 | 72 | 100 |
| PC | Pastizal cultivado | No aplicable | Pastizal cultivado | Estaciones de barrenación | Obras | 149 | 72 | 72 | 100 |
| PC | Pastizal cultivado | No aplicable | Pastizal cultivado | Estaciones de barrenación | Obras | 149 | 72 | 72 | 100 |
| PC | Pastizal cultivado | No aplicable | Pastizal cultivado | Estaciones de barrenación | Obras | 149 | 72 | 72 | 100 |
| PC | Pastizal cultivado | No aplicable | Pastizal cultivado | Estaciones de barrenación | Obras | 149 | 72 | 72 | 100 |
| VSa/BM | Bosque de mesófilo de montaña | Bosque de mesófilo de montaña | Vegetación secundaria arbustiva de bosque mesófilo de montaña | Estaciones de barrenación | Obras | 1,370 | 72 | 72 | 100 |
| VSa/BM | Bosque de mesófilo de montaña | Bosque de mesófilo de montaña | Vegetación secundaria arbustiva de bosque mesófilo de montaña | Estaciones de barrenación | Obras | 1,370 | 72 | 72 | 100 |

| Clave de vegetación | Tipos USV (Agrupado) | Tipos USV (natural) | Tipos USV/Veg. Sec. | Nombre de la geometría | Compo-nente | Superficie del USV (ha) | Superficie de la geometría (m²) | Superficie de incidencia (m²) | Porcentaje de incidencia |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| VSa/BM | Bosque de mesófilo de montaña | Bosque de mesófilo de montaña | Vegetación secundaria arbustiva de bosque mesófilo de montaña | Estaciones de barrenación | Obras | 1,370 | 72 | 72 | 100 |
| VSa/BM | Bosque de mesófilo de montaña | Bosque de mesófilo de montaña | Vegetación secundaria arbustiva de bosque mesófilo de montaña | Estaciones de barrenación | Obras | 1,370 | 72 | 72 | 100 |

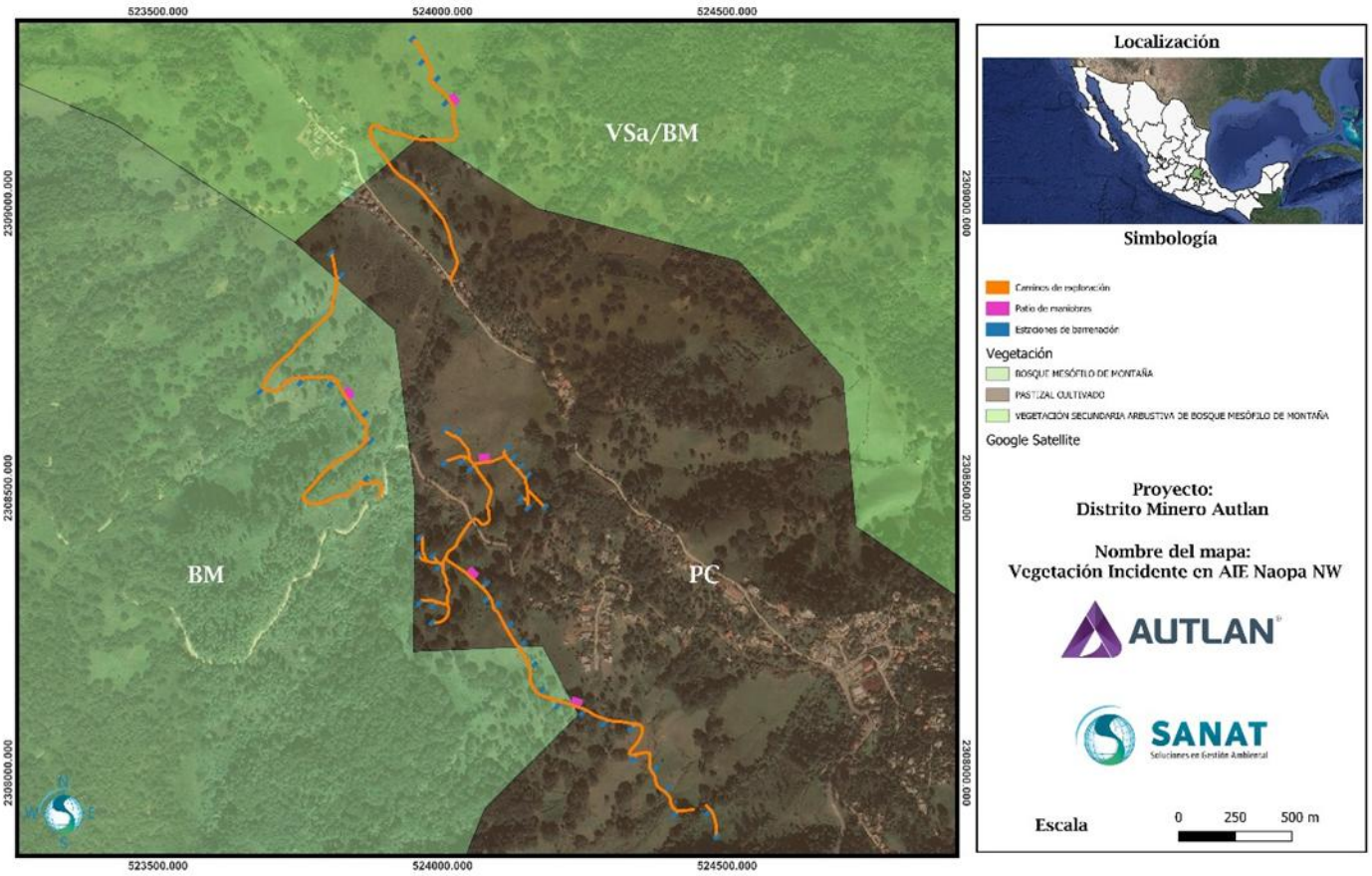



*Figura II. 94. Tipo de Uso de Suelo y Vegetación en donde se proponen realizar las obras de exploración San Antonio*

En la Figura II.95 se pueden apreciar las condiciones del área de exploración Naopa NW (Noru).



*Figura II.95. Condiciones actuales del área de exploración Naopa NW (Noru)*

## II.2.3. Preparación del sitio y construcción

Los únicos conceptos del proyecto en los que se requerirá realizar labores preparación del sitio son la Tepetatera Guadalupe y las áreas de exploración Naopa NW y San Antonio. Las demás obras ya se encuentran construidas y operando.

En el caso del relleno sanitario, aunque se trata de una obra nueva, aún no cuenta con el proyecto ejecutivo. Una vez que se tenga listo, será elaborada la Manifestación de Impacto Ambiental respectiva y se solicitará la autorización por parte de la autoridad ambiental estatal, que es competente en esa materia. Es de señalar, sin embargo, que el desarrollo de la obra en todas sus etapas se ajustará a las especificaciones que señala la Norma Oficial Mexicana NOM-083-SEMARNAT-2003.

## II.2.3.1. Tepetatera Guadalupe (Norte II)

La Tepetatera Guadalupe, también conocida como Tepetatera Norte II, será un nuevo depósito de material estéril, sin valores, que es necesario remover para poder explotar el mineral con valores. La conformación de este nuevo depósito iniciará una vez que sea autorizado este Proyecto DMA. En la Tabla II.54 se muestran las coordenadas de ubicación.

*Tabla II. 54 Coordenadas de ubicación de la Tepetatera Guadalupe o Norte II*

| Obras Nueva Tepetatera Guadalupe o Norte II Coordenadas UTM (WGS-84, Zona 14N) | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| ID | X | Y | ID | X | Y | ID | X | Y | ID | X | Y |
| 1 | 526608.67 | 2307311.38 | 165 | 526732.25 | 2306781.55 | 329 | 526102.68 | 2307001.93 | 493 | 525931.05 | 2307041.27 |
| 2 | 526628.20 | 2307296.90 | 166 | 526728.89 | 2306783.38 | 330 | 526101.68 | 2307003.51 | 494 | 525930.98 | 2307041.38 |
| 3 | 526640.07 | 2307284.33 | 167 | 526723.70 | 2306786.52 | 331 | 526100.86 | 2307004.93 | 495 | 525930.88 | 2307041.54 |
| 4 | 526662.45 | 2307264.70 | 168 | 526720.75 | 2306788.49 | 332 | 526099.53 | 2307007.60 | 496 | 525930.84 | 2307041.61 |
| 5 | 526670.89 | 2307254.74 | 169 | 526716.98 | 2306791.09 | 333 | 526098.48 | 2307010.13 | 497 | 525930.64 | 2307041.95 |
| 6 | 526678.08 | 2307241.34 | 170 | 526713.40 | 2306793.56 | 334 | 526097.33 | 2307013.69 | 498 | 525930.40 | 2307042.36 |
| 7 | 526672.37 | 2307237.02 | 171 | 526710.18 | 2306795.78 | 335 | 526096.09 | 2307018.25 | 499 | 525930.08 | 2307042.91 |
| 8 | 526699.42 | 2307186.89 | 172 | 526708.04 | 2306797.26 | 336 | 526094.99 | 2307022.30 | 500 | 525929.69 | 2307043.65 |
| 9 | 526720.98 | 2307196.78 | 173 | 526703.77 | 2306800.21 | 337 | 526093.69 | 2307027.11 | 501 | 525929.39 | 2307044.26 |
| 10 | 526918.63 | 2307268.21 | 174 | 526699.32 | 2306803.28 | 338 | 526092.57 | 2307031.24 | 502 | 525929.14 | 2307044.79 |
| 11 | 526925.43 | 2307249.40 | 175 | 526696.74 | 2306805.06 | 339 | 526091.59 | 2307034.87 | 503 | 525928.81 | 2307045.52 |
| 12 | 526713.00 | 2307172.26 | 176 | 526693.80 | 2306807.09 | 340 | 526091.22 | 2307036.22 | 504 | 525928.57 | 2307046.11 |
| 13 | 526701.36 | 2307165.55 | 177 | 526690.34 | 2306809.48 | 341 | 526090.62 | 2307038.34 | 505 | 525928.29 | 2307046.81 |
| 14 | 526728.98 | 2307112.96 | 178 | 526687.60 | 2306811.37 | 342 | 526089.73 | 2307040.47 | 506 | 525928.10 | 2307047.33 |
| 15 | 526721.60 | 2307109.55 | 179 | 526685.66 | 2306812.71 | 343 | 526088.10 | 2307043.34 | 507 | 525927.90 | 2307047.92 |
| 16 | 526743.74 | 2307055.74 | 180 | 526683.26 | 2306814.37 | 344 | 526086.11 | 2307045.63 | 508 | 525927.71 | 2307048.51 |
| 17 | 526726.60 | 2307044.96 | 181 | 526681.03 | 2306815.87 | 345 | 526083.71 | 2307047.86 | 509 | 525927.50 | 2307049.23 |
| 18 | 526732.81 | 2306996.41 | 182 | 526679.15 | 2306817.07 | 346 | 526080.78 | 2307049.57 | 510 | 525927.35 | 2307049.79 |
| 19 | 526726.83 | 2306992.21 | 183 | 526676.66 | 2306818.56 | 347 | 526078.72 | 2307050.46 | 511 | 525927.17 | 2307050.55 |
| 20 | 526730.44 | 2306972.39 | 184 | 526674.23 | 2306819.90 | 348 | 526076.43 | 2307051.17 | 512 | 525927.04 | 2307051.11 |
| 21 | 526726.97 | 2306963.50 | 185 | 526671.02 | 2306821.54 | 349 | 526073.89 | 2307051.62 | 513 | 525926.90 | 2307051.83 |
| 22 | 526764.08 | 2306967.12 | 186 | 526667.72 | 2306823.06 | 350 | 526070.35 | 2307051.77 | 514 | 525926.80 | 2307052.38 |
| 23 | 526782.31 | 2306972.04 | 187 | 526664.53 | 2306824.38 | 351 | 526067.08 | 2307051.18 | 515 | 525926.72 | 2307052.89 |
| 24 | 526802.70 | 2306981.01 | 188 | 526661.48 | 2306825.51 | 352 | 526065.03 | 2307050.57 | 516 | 525926.59 | 2307053.84 |
| 25 | 526818.08 | 2306989.77 | 189 | 526658.42 | 2306826.58 | 353 | 526063.00 | 2307049.73 | 517 | 525926.51 | 2307054.64 |
| 26 | 526831.45 | 2307001.37 | 190 | 526655.88 | 2306827.47 | 354 | 526059.97 | 2307048.05 | 518 | 525926.44 | 2307055.56 |
| 27 | 526866.46 | 2307038.18 | 191 | 526653.07 | 2306828.45 | 355 | 526058.78 | 2307047.39 | 519 | 525926.40 | 2307056.55 |
| 28 | 526876.67 | 2307047.18 | 192 | 526651.21 | 2306829.10 | 356 | 526057.72 | 2307046.80 | 520 | 525926.39 | 2307057.33 |
| 29 | 526891.95 | 2307058.96 | 193 | 526648.83 | 2306829.95 | 357 | 526056.01 | 2307045.86 | 521 | 525926.43 | 2307058.84 |
| 30 | 526906.42 | 2307064.95 | 194 | 526646.04 | 2306831.01 | 358 | 526052.31 | 2307043.83 | 522 | 525926.48 | 2307059.68 |
| 31 | 526925.54 | 2307068.85 | 195 | 526642.64 | 2306832.42 | 359 | 526051.21 | 2307043.29 | 523 | 525926.57 | 2307060.64 |
| 32 | 526947.92 | 2307073.57 | 196 | 526638.92 | 2306834.13 | 360 | 526050.63 | 2307043.02 | 524 | 525926.68 | 2307061.47 |
| 33 | 526963.55 | 2307079.04 | 197 | 526636.14 | 2306835.51 | 361 | 526050.07 | 2307042.77 | 525 | 525926.78 | 2307062.14 |
| 34 | 526981.94 | 2307081.93 | 198 | 526634.25 | 2306836.51 | 362 | 526049.49 | 2307042.52 | 526 | 525926.91 | 2307062.90 |
| 35 | 526998.88 | 2307080.71 | 199 | 526633.16 | 2306837.11 | 363 | 526048.71 | 2307042.20 | 527 | 525927.15 | 2307064.06 |
| 36 | 527005.80 | 2307081.31 | 200 | 526631.24 | 2306838.20 | 364 | 526047.87 | 2307041.88 | 528 | 525928.02 | 2307067.81 |
| 37 | 527036.38 | 2307086.68 | 201 | 526628.09 | 2306840.11 | 365 | 526047.14 | 2307041.62 | 529 | 525928.82 | 2307071.31 |
| 38 | 527039.83 | 2307066.98 | 202 | 526625.73 | 2306841.63 | 366 | 526046.29 | 2307041.34 | 530 | 525931.16 | 2307081.47 |
| 39 | 527109.83 | 2306943.57 | 203 | 526623.81 | 2306842.94 | 367 | 526045.30 | 2307041.03 | 531 | 525933.33 | 2307090.93 |
| 40 | 527107.19 | 2306923.74 | 204 | 526621.75 | 2306844.40 | 368 | 526044.49 | 2307040.80 | 532 | 525935.32 | 2307098.37 |
| 41 | 527092.32 | 2306925.72 | 205 | 526617.71 | 2306847.50 | 369 | 526043.62 | 2307040.58 | 533 | 525936.41 | 2307101.75 |
| 42 | 527083.40 | 2306926.46 | 206 | 526614.22 | 2306850.42 | 370 | 526043.22 | 2307040.48 | 534 | 525938.25 | 2307106.75 |
| 43 | 527080.45 | 2306926.51 | 207 | 526611.06 | 2306853.18 | 371 | 526042.63 | 2307040.34 | 535 | 525944.04 | 2307119.73 |
| 44 | 527073.03 | 2306926.20 | 208 | 526609.52 | 2306854.53 | 372 | 526042.18 | 2307040.25 | 536 | 525961.14 | 2307156.96 |
| 45 | 527069.55 | 2306925.84 | 209 | 526607.85 | 2306855.99 | 373 | 526041.74 | 2307040.16 | 537 | 526000.00 | 2307234.43 |
| 46 | 527067.16 | 2306925.52 | 210 | 526606.19 | 2306857.44 | 374 | 526041.33 | 2307040.08 | 538 | 526000.00 | 2307300.00 |
| 47 | 527062.14 | 2306924.62 | 211 | 526604.80 | 2306858.65 | 375 | 526040.93 | 2307040.01 | 539 | 525960.39 | 2307300.00 |
| 48 | 527056.26 | 2306923.19 | 212 | 526603.07 | 2306860.16 | 376 | 526040.46 | 2307039.93 | 540 | 525950.00 | 2307307.29 |
| 49 | 527052.16 | 2306921.94 | 213 | 526601.47 | 2306861.56 | 377 | 526040.21 | 2307039.89 | 541 | 525950.00 | 2307353.64 |
| 50 | 527048.42 | 2306920.61 | 214 | 526599.79 | 2306862.99 | 378 | 526039.89 | 2307039.84 | 542 | 525896.87 | 2307500.00 |
| 51 | 527044.23 | 2306918.90 | 215 | 526593.00 | 2306868.12 | 379 | 526039.48 | 2307039.78 | 543 | 525899.04 | 2307523.81 |
| 52 | 527041.00 | 2306917.40 | 216 | 526590.03 | 2306870.06 | 380 | 526039.05 | 2307039.73 | 544 | 525898.61 | 2307528.84 |

| Obras Nueva Tepetatera Guadalupe o Norte II Coordenadas UTM (WGS-84, Zona 14N) | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| ID | X | Y | ID | X | Y | ID | X | Y | ID | X | Y |
| 53 | 527036.89 | 2306915.26 | 217 | 526586.12 | 2306872.40 | 381 | 526038.59 | 2307039.67 | 545 | 525898.63 | 2307528.84 |
| 54 | 527033.82 | 2306913.49 | 218 | 526580.74 | 2306875.54 | 382 | 526038.13 | 2307039.62 | 546 | 525899.57 | 2307539.67 |
| 55 | 527029.84 | 2306910.93 | 219 | 526577.48 | 2306877.44 | 383 | 526037.83 | 2307039.59 | 547 | 525896.71 | 2307541.86 |
| 56 | 527026.11 | 2306908.25 | 220 | 526572.84 | 2306880.16 | 384 | 526037.42 | 2307039.55 | 548 | 525886.70 | 2307542.28 |
| 57 | 527022.11 | 2306905.04 | 221 | 526569.03 | 2306882.39 | 385 | 526037.04 | 2307039.52 | 549 | 525883.43 | 2307552.71 |
| 58 | 527017.68 | 2306901.00 | 222 | 526563.90 | 2306885.39 | 386 | 526035.55 | 2307039.44 | 550 | 525887.00 | 2307560.34 |
| 59 | 526992.51 | 2306876.51 | 223 | 526560.64 | 2306887.29 | 387 | 526034.74 | 2307039.41 | 551 | 525890.57 | 2307567.97 |
| 60 | 526984.90 | 2306869.46 | 224 | 526557.43 | 2306889.17 | 388 | 526034.02 | 2307039.41 | 552 | 525888.66 | 2307596.78 |
| 61 | 526976.96 | 2306862.80 | 225 | 526554.98 | 2306890.61 | 389 | 526033.03 | 2307039.42 | 553 | 525901.57 | 2307611.74 |
| 62 | 526971.36 | 2306858.34 | 226 | 526550.66 | 2306893.13 | 390 | 526032.40 | 2307039.44 | 554 | 525903.56 | 2307614.05 |
| 63 | 526966.88 | 2306854.76 | 227 | 526546.41 | 2306895.61 | 391 | 526031.68 | 2307039.48 | 555 | 525907.32 | 2307608.13 |
| 64 | 526961.87 | 2306850.77 | 228 | 526542.11 | 2306897.49 | 392 | 526030.89 | 2307039.53 | 556 | 525911.08 | 2307602.21 |
| 65 | 526957.84 | 2306847.56 | 229 | 526537.19 | 2306899.11 | 393 | 526029.93 | 2307039.62 | 557 | 525918.47 | 2307601.02 |
| 66 | 526953.49 | 2306844.10 | 230 | 526533.58 | 2306900.46 | 394 | 526028.85 | 2307039.74 | 558 | 525920.84 | 2307592.43 |
| 67 | 526949.69 | 2306841.06 | 231 | 526529.43 | 2306902.20 | 395 | 526027.82 | 2307039.89 | 559 | 525929.04 | 2307587.06 |
| 68 | 526946.64 | 2306838.63 | 232 | 526524.24 | 2306904.66 | 396 | 526026.83 | 2307040.06 | 560 | 525943.53 | 2307602.45 |
| 69 | 526944.92 | 2306837.26 | 233 | 526515.73 | 2306909.45 | 397 | 526025.90 | 2307040.24 | 561 | 525945.06 | 2307607.71 |
| 70 | 526943.57 | 2306836.19 | 234 | 526510.56 | 2306912.89 | 398 | 526025.03 | 2307040.43 | 562 | 525948.73 | 2307620.30 |
| 71 | 526942.17 | 2306835.07 | 235 | 526505.78 | 2306916.46 | 399 | 526024.16 | 2307040.64 | 563 | 525949.04 | 2307623.09 |
| 72 | 526940.38 | 2306833.64 | 236 | 526501.91 | 2306919.66 | 400 | 526023.27 | 2307040.88 | 564 | 525949.97 | 2307631.55 |
| 73 | 526938.72 | 2306832.32 | 237 | 526497.79 | 2306923.42 | 401 | 526022.22 | 2307041.19 | 565 | 525951.20 | 2307642.80 |
| 74 | 526936.97 | 2306830.93 | 238 | 526493.39 | 2306927.89 | 402 | 526021.64 | 2307041.37 | 566 | 525959.75 | 2307651.42 |
| 75 | 526935.53 | 2306829.83 | 239 | 526489.17 | 2306932.43 | 403 | 526019.30 | 2307042.14 | 567 | 525968.30 | 2307660.04 |
| 76 | 526934.03 | 2306828.69 | 240 | 526484.00 | 2306937.99 | 404 | 526018.25 | 2307042.48 | 568 | 525994.42 | 2307667.95 |
| 77 | 526933.00 | 2306827.91 | 241 | 526478.40 | 2306944.02 | 405 | 526014.98 | 2307043.54 | 569 | 526007.97 | 2307670.72 |
| 78 | 526930.25 | 2306825.91 | 242 | 526474.19 | 2306948.55 | 406 | 526012.60 | 2307044.32 | 570 | 526021.51 | 2307673.49 |
| 79 | 526927.46 | 2306823.94 | 243 | 526471.27 | 2306951.69 | 407 | 526010.72 | 2307044.93 | 571 | 526025.64 | 2307679.53 |
| 80 | 526924.79 | 2306822.12 | 244 | 526466.77 | 2306956.53 | 408 | 526008.33 | 2307045.71 | 572 | 526029.76 | 2307685.57 |
| 81 | 526923.30 | 2306821.13 | 245 | 526465.03 | 2306958.37 | 409 | 526006.83 | 2307046.13 | 573 | 526030.77 | 2307692.35 |
| 82 | 526921.95 | 2306820.25 | 246 | 526462.69 | 2306960.66 | 410 | 526004.80 | 2307046.51 | 574 | 526031.79 | 2307699.14 |
| 83 | 526920.87 | 2306819.55 | 247 | 526460.55 | 2306962.61 | 411 | 526002.13 | 2307046.69 | 575 | 526045.19 | 2307718.98 |
| 84 | 526920.05 | 2306819.04 | 248 | 526456.71 | 2306965.86 | 412 | 525999.80 | 2307046.56 | 576 | 526059.76 | 2307737.53 |
| 85 | 526919.19 | 2306818.49 | 249 | 526453.71 | 2306968.11 | 413 | 525997.59 | 2307046.17 | 577 | 526081.89 | 2307738.93 |
| 86 | 526918.24 | 2306817.90 | 250 | 526452.56 | 2306968.97 | 414 | 525995.01 | 2307045.44 | 578 | 526089.65 | 2307732.63 |
| 87 | 526917.14 | 2306817.23 | 251 | 526451.50 | 2306969.76 | 415 | 525992.62 | 2307044.32 | 579 | 526097.41 | 2307726.34 |
| 88 | 526915.82 | 2306816.43 | 252 | 526450.66 | 2306970.39 | 416 | 525991.17 | 2307043.43 | 580 | 526117.04 | 2307711.20 |
| 89 | 526914.21 | 2306815.47 | 253 | 526447.37 | 2306972.86 | 417 | 525990.13 | 2307042.79 | 581 | 526136.68 | 2307696.06 |
| 90 | 526912.85 | 2306814.68 | 254 | 526442.98 | 2306976.15 | 418 | 525988.44 | 2307041.76 | 582 | 526141.00 | 2307690.29 |
| 91 | 526910.07 | 2306813.10 | 255 | 526438.37 | 2306979.61 | 419 | 525987.14 | 2307040.97 | 583 | 526145.33 | 2307684.51 |
| 92 | 526906.74 | 2306811.25 | 256 | 526435.12 | 2306982.05 | 420 | 525985.67 | 2307040.07 | 584 | 526171.75 | 2307696.05 |
| 93 | 526904.49 | 2306809.99 | 257 | 526432.77 | 2306983.82 | 421 | 525984.80 | 2307039.54 | 585 | 526167.40 | 2307700.55 |
| 94 | 526902.97 | 2306809.14 | 258 | 526427.77 | 2306987.56 | 422 | 525983.90 | 2307038.99 | 586 | 526163.04 | 2307705.06 |
| 95 | 526901.07 | 2306808.09 | 259 | 526421.28 | 2306992.43 | 423 | 525983.06 | 2307038.47 | 587 | 526171.53 | 2307711.01 |
| 96 | 526898.41 | 2306806.60 | 260 | 526416.05 | 2306996.36 | 424 | 525981.87 | 2307037.75 | 588 | 526180.01 | 2307716.97 |
| 97 | 526895.19 | 2306804.81 | 261 | 526410.69 | 2307000.38 | 425 | 525980.80 | 2307037.09 | 589 | 526182.08 | 2307716.20 |
| 98 | 526891.58 | 2306802.80 | 262 | 526406.12 | 2307003.41 | 426 | 525978.14 | 2307035.47 | 590 | 526184.15 | 2307715.43 |
| 99 | 526889.26 | 2306801.50 | 263 | 526402.26 | 2307005.22 | 427 | 525975.91 | 2307034.10 | 591 | 526191.03 | 2307715.42 |
| 100 | 526879.32 | 2306795.96 | 264 | 526399.23 | 2307006.36 | 428 | 525973.47 | 2307032.61 | 592 | 526225.70 | 2307706.21 |
| 101 | 526876.62 | 2306794.50 | 265 | 526396.57 | 2307007.14 | 429 | 525971.13 | 2307031.20 | 593 | 526231.46 | 2307725.31 |
| 102 | 526873.30 | 2306792.78 | 266 | 526393.24 | 2307007.84 | 430 | 525969.18 | 2307030.19 | 594 | 526258.28 | 2307742.40 |
| 103 | 526871.40 | 2306791.82 | 267 | 526389.12 | 2307008.30 | 431 | 525967.11 | 2307029.31 | 595 | 526258.28 | 2307758.04 |
| 104 | 526868.96 | 2306790.63 | 268 | 526386.69 | 2307008.38 | 432 | 525965.73 | 2307028.82 | 596 | 526256.82 | 2307777.05 |
| 105 | 526863.86 | 2306788.27 | 269 | 526382.30 | 2307008.14 | 433 | 525964.26 | 2307028.38 | 597 | 526275.09 | 2307768.19 |
| 106 | 526860.96 | 2306787.00 | 270 | 526379.38 | 2307007.70 | 434 | 525962.51 | 2307027.96 | 598 | 526247.88 | 2307800.70 |
| 107 | 526857.76 | 2306785.65 | 271 | 526375.68 | 2307006.83 | 435 | 525960.78 | 2307027.66 | 599 | 526252.17 | 2307802.83 |
| 108 | 526855.09 | 2306784.58 | 272 | 526372.74 | 2307005.87 | 436 | 525958.75 | 2307027.43 | 600 | 526269.24 | 2307803.53 |
| 109 | 526852.29 | 2306783.50 | 273 | 526369.57 | 2307004.53 | 437 | 525956.39 | 2307027.33 | 601 | 526274.99 | 2307803.50 |
| 110 | 526848.62 | 2306782.15 | 274 | 526366.38 | 2307002.84 | 438 | 525954.32 | 2307027.40 | 602 | 526298.20 | 2307772.50 |
| 111 | 526844.26 | 2306780.65 | 275 | 526364.17 | 2307001.44 | 439 | 525952.86 | 2307027.54 | 603 | 526312.77 | 2307764.60 |
| 112 | 526841.41 | 2306779.73 | 276 | 526362.01 | 2306999.86 | 440 | 525951.17 | 2307027.79 | 604 | 526315.93 | 2307750.23 |
| 113 | 526837.34 | 2306778.48 | 277 | 526355.65 | 2306994.34 | 441 | 525949.81 | 2307028.06 | 605 | 526333.19 | 2307742.39 |
| 114 | 526833.79 | 2306777.47 | 278 | 526350.40 | 2306989.71 | 442 | 525948.20 | 2307028.47 | 606 | 526346.86 | 2307740.98 |
| 115 | 526830.99 | 2306776.72 | 279 | 526341.34 | 2306981.73 | 443 | 525946.78 | 2307028.91 | 607 | 526350.55 | 2307772.34 |

| Obras Nueva Tepetatera Guadalupe o Norte II Coordenadas UTM (WGS-84, Zona 14N) | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| ID | X | Y | ID | X | Y | ID | X | Y | ID | X | Y |
| 116 | 526827.39 | 2306775.82 | 280 | 526335.67 | 2306976.72 | 444 | 525945.26 | 2307029.47 | 608 | 526358.34 | 2307783.56 |
| 117 | 526823.68 | 2306774.96 | 281 | 526329.28 | 2306971.09 | 445 | 525943.57 | 2307030.21 | 609 | 526362.72 | 2307792.48 |
| 118 | 526819.11 | 2306773.99 | 282 | 526322.45 | 2306965.07 | 446 | 525942.23 | 2307030.88 | 610 | 526376.64 | 2307780.92 |
| 119 | 526816.25 | 2306773.42 | 283 | 526319.21 | 2306962.63 | 447 | 525940.83 | 2307031.68 | 611 | 526374.97 | 2307776.07 |
| 120 | 526811.92 | 2306772.56 | 284 | 526315.07 | 2306959.51 | 448 | 525939.97 | 2307032.22 | 612 | 526368.36 | 2307764.56 |
| 121 | 526809.17 | 2306772.01 | 285 | 526309.50 | 2306956.36 | 449 | 525938.86 | 2307032.99 | 613 | 526366.15 | 2307737.02 |
| 122 | 526804.74 | 2306771.13 | 286 | 526303.62 | 2306953.82 | 450 | 525938.07 | 2307033.57 | 614 | 526368.18 | 2307733.16 |
| 123 | 526800.61 | 2306770.39 | 287 | 526296.81 | 2306951.74 | 451 | 525937.62 | 2307033.93 | 615 | 526371.06 | 2307723.57 |
| 124 | 526796.90 | 2306769.86 | 288 | 526288.67 | 2306950.37 | 452 | 525937.38 | 2307034.13 | 616 | 526368.10 | 2307720.83 |
| 125 | 526795.10 | 2306769.65 | 289 | 526282.77 | 2306950.08 | 453 | 525937.07 | 2307034.39 | 617 | 526370.62 | 2307707.89 |
| 126 | 526794.02 | 2306769.54 | 290 | 526272.88 | 2306950.90 | 454 | 525936.84 | 2307034.58 | 618 | 526388.50 | 2307686.18 |
| 127 | 526792.83 | 2306769.43 | 291 | 526266.56 | 2306952.31 | 455 | 525936.56 | 2307034.82 | 619 | 526399.61 | 2307663.13 |
| 128 | 526791.71 | 2306769.34 | 292 | 526261.54 | 2306953.96 | 456 | 525936.31 | 2307035.04 | 620 | 526409.02 | 2307659.88 |
| 129 | 526790.47 | 2306769.25 | 293 | 526256.54 | 2306956.12 | 457 | 525935.99 | 2307035.34 | 621 | 526416.46 | 2307650.62 |
| 130 | 526789.23 | 2306769.17 | 294 | 526250.82 | 2306959.29 | 458 | 525935.78 | 2307035.53 | 622 | 526443.76 | 2307621.12 |
| 131 | 526788.18 | 2306769.12 | 295 | 526245.69 | 2306962.91 | 459 | 525935.52 | 2307035.78 | 623 | 526440.90 | 2307616.44 |
| 132 | 526787.06 | 2306769.08 | 296 | 526241.37 | 2306966.31 | 460 | 525935.35 | 2307035.95 | 624 | 526460.23 | 2307582.73 |
| 133 | 526786.00 | 2306769.04 | 297 | 526237.04 | 2306969.71 | 461 | 525935.19 | 2307036.11 | 625 | 526455.89 | 2307576.26 |
| 134 | 526785.01 | 2306769.02 | 298 | 526235.82 | 2306970.63 | 462 | 525934.98 | 2307036.32 | 626 | 526467.48 | 2307553.89 |
| 135 | 526783.98 | 2306769.01 | 299 | 526233.31 | 2306972.36 | 463 | 525934.85 | 2307036.46 | 627 | 526472.18 | 2307560.98 |
| 136 | 526783.24 | 2306769.01 | 300 | 526229.45 | 2306974.45 | 464 | 525934.67 | 2307036.64 | 628 | 526523.48 | 2307612.00 |
| 137 | 526782.49 | 2306769.01 | 301 | 526226.31 | 2306975.75 | 465 | 525934.48 | 2307036.83 | 629 | 526543.59 | 2307622.12 |
| 138 | 526781.66 | 2306769.02 | 302 | 526223.82 | 2306976.59 | 466 | 525934.33 | 2307037.00 | 630 | 526561.96 | 2307624.89 |
| 139 | 526780.89 | 2306769.04 | 303 | 526220.17 | 2306977.55 | 467 | 525934.23 | 2307037.11 | 631 | 526636.38 | 2307628.31 |
| 140 | 526779.95 | 2306769.06 | 304 | 526216.50 | 2306978.06 | 468 | 525934.10 | 2307037.25 | 632 | 526637.15 | 2307608.33 |
| 141 | 526779.03 | 2306769.09 | 305 | 526213.41 | 2306978.29 | 469 | 525933.98 | 2307037.39 | 633 | 526571.70 | 2307605.75 |
| 142 | 526778.29 | 2306769.12 | 306 | 526212.08 | 2306978.39 | 470 | 525933.87 | 2307037.51 | 634 | 526552.64 | 2307603.72 |
| 143 | 526775.98 | 2306769.25 | 307 | 526210.30 | 2306978.52 | 471 | 525933.77 | 2307037.62 | 635 | 526534.33 | 2307595.07 |
| 144 | 526774.13 | 2306769.39 | 308 | 526208.76 | 2306978.63 | 472 | 525933.63 | 2307037.79 | 636 | 526489.32 | 2307550.08 |
| 145 | 526772.41 | 2306769.54 | 309 | 526179.27 | 2306980.83 | 473 | 525933.49 | 2307037.95 | 637 | 526483.99 | 2307543.44 |
| 146 | 526770.64 | 2306769.73 | 310 | 526165.36 | 2306981.86 | 474 | 525933.38 | 2307038.09 | 638 | 526479.91 | 2307535.06 |
| 147 | 526768.39 | 2306770.02 | 311 | 526159.69 | 2306982.28 | 475 | 525933.28 | 2307038.20 | 639 | 526477.63 | 2307527.80 |
| 148 | 526766.17 | 2306770.34 | 312 | 526145.03 | 2306983.38 | 476 | 525933.15 | 2307038.36 | 640 | 526493.18 | 2307504.39 |
| 149 | 526764.27 | 2306770.66 | 313 | 526136.63 | 2306984.00 | 477 | 525933.03 | 2307038.51 | 641 | 526489.52 | 2307497.57 |
| 150 | 526760.99 | 2306771.29 | 314 | 526132.97 | 2306984.27 | 478 | 525932.86 | 2307038.72 | 642 | 526495.52 | 2307487.10 |
| 151 | 526758.67 | 2306771.79 | 315 | 526130.73 | 2306984.50 | 479 | 525932.72 | 2307038.89 | 643 | 526497.37 | 2307469.57 |
| 152 | 526756.52 | 2306772.31 | 316 | 526127.81 | 2306985.00 | 480 | 525932.60 | 2307039.06 | 644 | 526494.18 | 2307456.44 |
| 153 | 526753.71 | 2306773.05 | 317 | 526124.41 | 2306985.86 | 481 | 525932.44 | 2307039.27 | 645 | 526500.46 | 2307445.00 |
| 154 | 526751.56 | 2306773.67 | 318 | 526122.00 | 2306986.67 | 482 | 525932.30 | 2307039.45 | 646 | 526524.20 | 2307421.38 |
| 155 | 526748.46 | 2306774.65 | 319 | 526120.07 | 2306987.44 | 483 | 525932.18 | 2307039.61 | 647 | 526528.99 | 2307403.50 |
| 156 | 526747.26 | 2306775.06 | 320 | 526118.47 | 2306988.18 | 484 | 525932.08 | 2307039.75 | 648 | 526523.20 | 2307398.14 |
| 157 | 526745.84 | 2306775.57 | 321 | 526116.64 | 2306989.12 | 485 | 525931.87 | 2307040.04 | 649 | 526525.80 | 2307390.31 |
| 158 | 526744.37 | 2306776.11 | 322 | 526114.42 | 2306990.44 | 486 | 525931.77 | 2307040.19 | 650 | 526551.55 | 2307370.01 |
| 159 | 526741.43 | 2306777.27 | 323 | 526112.30 | 2306991.89 | 487 | 525931.64 | 2307040.37 | 651 | 526563.67 | 2307351.18 |
| 160 | 526739.90 | 2306777.91 | 324 | 526110.47 | 2306993.32 | 488 | 525931.54 | 2307040.53 | 652 | 526563.54 | 2307342.35 |
| 161 | 526737.96 | 2306778.77 | 325 | 526109.22 | 2306994.40 | 489 | 525931.43 | 2307040.69 | 653 | 526583.94 | 2307323.73 |
| 162 | 526736.20 | 2306779.58 | 326 | 526107.67 | 2306995.86 | 490 | 525931.33 | 2307040.84 | ----- | ----- | ----- |
| 163 | 526734.73 | 2306780.29 | 327 | 526105.93 | 2306997.71 | 491 | 525931.23 | 2307040.99 | ----- | ----- | ----- |
| 164 | 526733.11 | 2306781.10 | 328 | 526104.64 | 2306999.25 | 492 | 525931.13 | 2307041.14 | ----- | ----- | ----- |

En la Tabla II.55 y Figura II.96 se muestra el tipo de uso de suelo y vegetación que existe en el lugar donde se pretende ubicar la Tepetatera Guadalupe.

*Tabla II. 55. Usos de Suelo y Vegetación en donde se propone ubicar la Tepetatera Guadalupe*

| Clave de vegetación | Tipos USV (Agrupado) | Tipos USV (natural) | Tipos USV/Veg. Sec. | Nombre de la geometría | Compo-nente | Superficie del USV (ha) | Superficie de la geometría (m²) | Superficie de incidencia (m²) | Porcentaje de incidencia |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| BM | Bosque de mesófilo de montaña | Bosque de mesófilo de montaña | Bosque mesófilo de montaña | Tepetatera Guadalupe | Obras | 380.685031029 | 575840.6731420752 | 9393.677258357455 | 1.63 |
| VSa/BM | Bosque de mesófilo de montaña | Bosque de mesófilo de montaña | Vegetación secundaria arbustiva de bosque mesófilo de montaña | Tepetatera Guadalupe | Obras | 1369.50948005 | 575840.6731420752 | 565443.2821637904 | 98.19 |
| PC | Pastizal cultivado | No aplicable | Pastizal cultivado | Tepetatera Guadalupe | Obras | 4514.72078336 | 575840.6731420752 | 1003.7137199371252 | 0.17 |

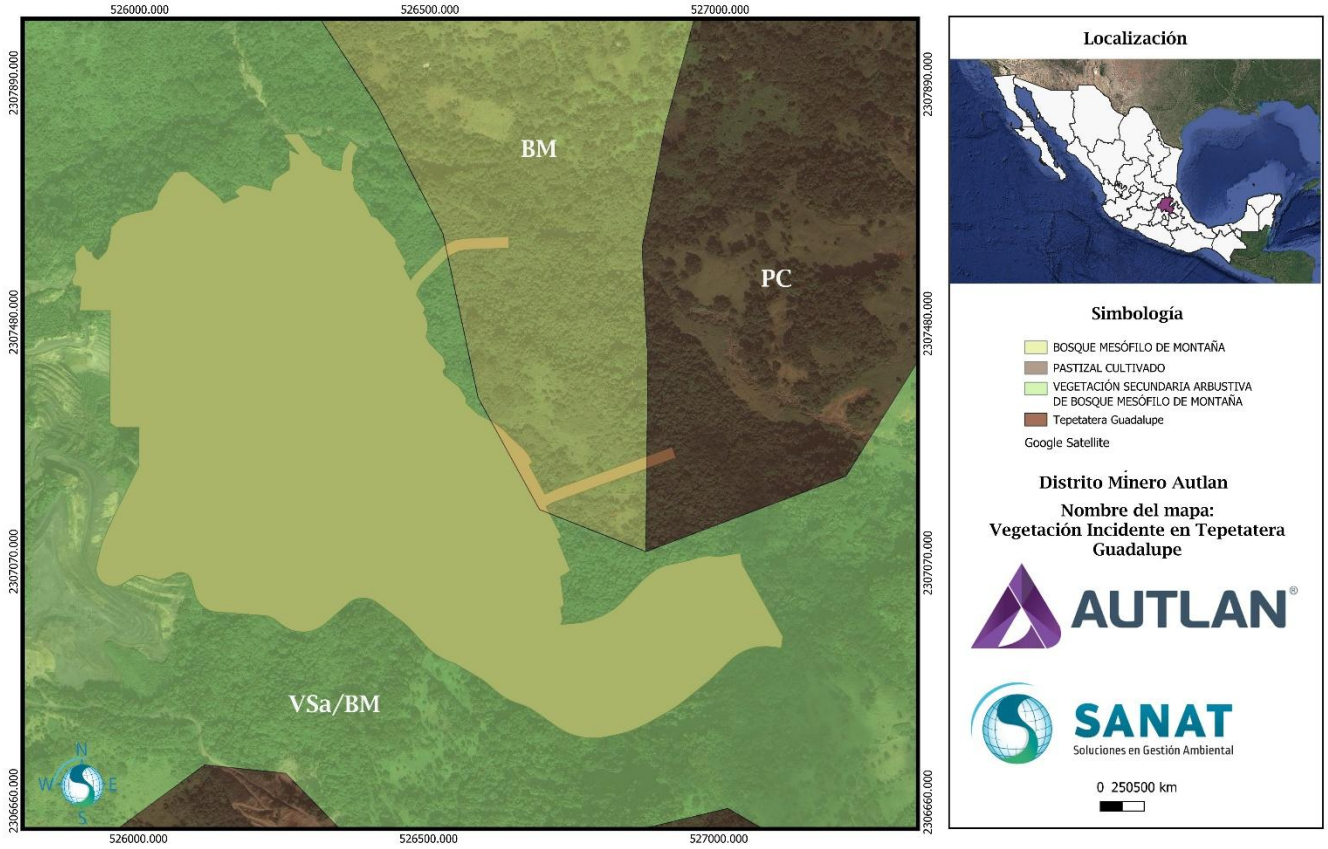



*Figura II. 96. Tipo de Uso de Suelo y Vegetación en donde se pretende ubicar la Tepetatera Guadalupe*

De acuerdo con el diseño de la Tepetatera Norte II, se contempla la construcción de un bordo iniciador que alcanzará la cota 860 msnm y que, de manera general, se trata de un enrocamiento el cual contará con un filtro en la cara aguas arriba.

El bordo iniciador permitirá iniciar con la colocación del material; ésta se realizará en trece (13) etapas de sobreelevación, cada una de ellas con una altura de 15.0 m y pendientes de 1.5:1 (H:V). Siguiendo los crecimientos mencionados, se registrará una cota final de 1,055 msnm y un volumen almacenado de 8,963,814 $m^3$. Simultáneamente al depósito del material, se realizará la conformación de los escalones de liga entre el terreno natural y el material depositado. En la Figura II.97 se muestra una vista en perfil de la geometría final del depósito.

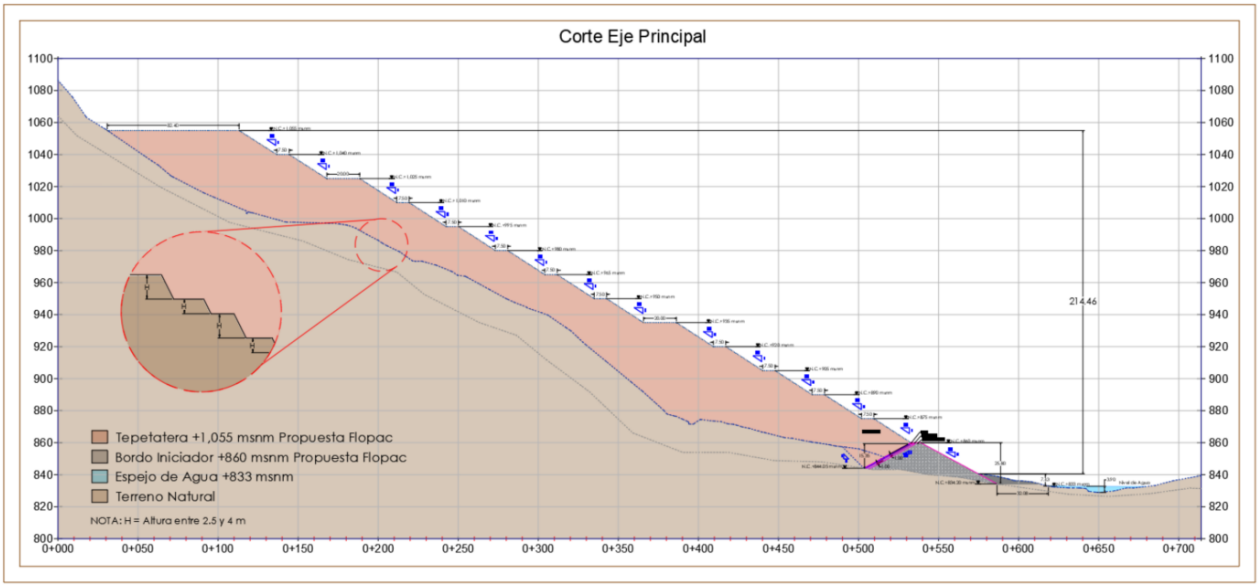



*Figura II.97. Sección principal de la Tepetatera Guadalupe (o Tepetatera Norte II)*

En la Tabla II.56 se indican las características geométricas de la tepetatera.

*Tabla II.56. Características geométricas de la Tepetatera Guadalupe – Unidad Naopa*

| Etapa | Elevación msnm | Ancho de berma (m) |
|---|---|---|
| Bordo iniciador | 860 | 6.0 |
| 1 | 875 | 7.5 |
| 2 | 890 | 7.5 |
| 3 | 905 | 7.5 |
| 4 | 920 | 7.5 |
| 5 | 935 | 20 |
| 6 | 950 | 7.5 |
| 7 | 965 | 7.5 |
| 8 | 980 | 7.5 |
| 9 | 995 | 7.5 |
| 10 | 1,010 | 7.5 |
| 11 | 1,025 | 20 |
| 12 | 1,040 | 7.5 |
| 13 | 1,055 | --- |

Las características generales de la tepetatera y el bordo iniciador se indican en la Tabla II.57.

*Tabla II.57. Características generales de la Tepetatera Norte II y el bordo iniciador*

| Características | Tepetatera | Bordo iniciador | Unidades |
|---|---|---|---|
| Volumen | 8,963,814 | 45,229 | $m^3$ |
| Elevación máxima | 1,055 | 860 | msnm |
| Ancho de bermas | 7.50 y 20.00 | -- | m |
| Elevación mínima | -- | 840.50 | msnm |
| Longitud de corona | -- | 156.00 | m |
| Altura máxima | -- | 19.50 | m |
| Ancho de corona | -- | 6.00 | m |
| Pendiente | 1.5 : 1.0 | 1.8 : 1.0 | H:V |
| Pendiente general | 2.15 : 1.0 | | H:V |

### Bordo iniciador

El bordo será construido en su totalidad con material granular, desde tamaños máximos de 40" (1016 mm), hasta tamaños grava de 3/8" (9.52 mm) a los que denominaremos material de enrocamiento, además de contar con materiales de filtro de tamaños grava, el cual tendrá la función de impedir la migración de azolve y permitir el paso del agua. En la Figura II.98 se muestra la configuración tipo del bordo iniciador.

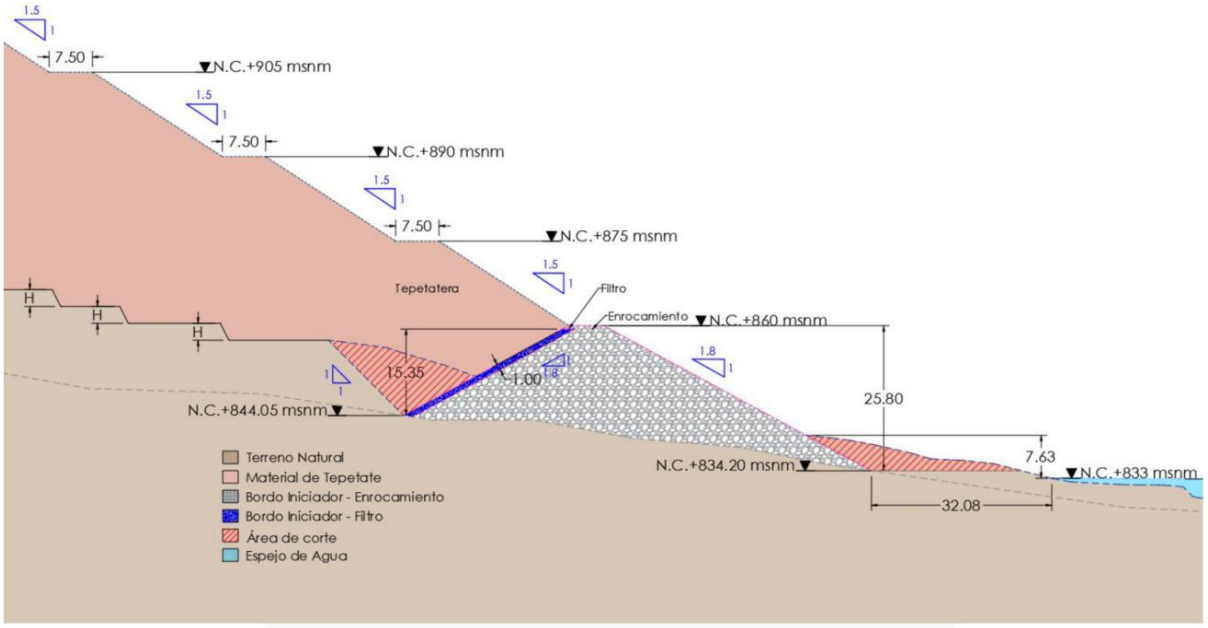



*Figura II.98. Corte longitudinal del modelo geométrico del bordo iniciador*

De esta manera, se tiene que para la construcción del bordo iniciador se deberá realizar una excavación hasta alcanzar el contacto con la roca.

El bordo iniciador contará tanto con material de enrocamiento como con materiales de filtro, cada uno con sus especificaciones correspondientes.

El diseño de filtros se fundamentó en los criterios clásicos de distribución de tamaños de partículas que toman en consideración la granulometría del material a proteger (material base), la capacidad de descarga y retención de partículas finas. La metodología implementada busca alcanzar los tres objetivos siguientes para el diseño de filtros (Flores, 2005).

- Proteger el suelo base, impidiendo el paso de sus partículas y evitar fallas debido a la erosión interna.
- Controlar el flujo de agua y presiones intersticiales, tal que el filtro sea lo suficientemente permeable para que no se generen presiones de agua.
- Mejorar la estabilidad ante condiciones de cargas estáticas y dinámicas.

**Obras hidráulicas**

Como parte de las actividades para la puesta en marcha de la Tepetatera se ha previsto la habilitación de una serie de obras hidráulicas, que permitirán garantizar la correcta operación del depósito, haciendo un manejo ambientalmente adecuado de la escorrentía superficial.

El diseño de las obras hidráulicas es resultado de un amplio estudio hidrológico, en el cual se estimaron y analizaron los gastos hidráulicos máximos y las características hidrológicas de la cuenca y subcuenca donde se asentaría la tepetatera.

La importancia de estas obras hidráulicas reside en la necesidad de evitar la saturación de los materiales, impedir el desarrollo de una superficie freática dentro de la tepetatera, administrar la calidad del agua del sitio y minimizar la erosión o el desarrollo de fallas o grietas en la superficie.

La ejecución de las obras es necesaria antes de la construcción, durante las operaciones y al cierre del depósito. Serán las encargadas de regular el ingreso del agua pluvial a la zona de la tepetatera, por lo que estas estructuras tendrán el objetivo de que el gasto sea conducido hacia el exterior del depósito en el menor tiempo posible.

Para el dimensionamiento de las obras hidráulicas se optó por considerar la condición crítica, es decir el mayor gasto de acuerdo con el estudio hidrológico.

Como se aprecia en la Figura II.99, las obras hidráulicas propuestas son:

- Canal superior.
- Canal de cierre en la corona del depósito.
- Canales intermedios.
- Sistema de drenaje al interior de la tepetatera.

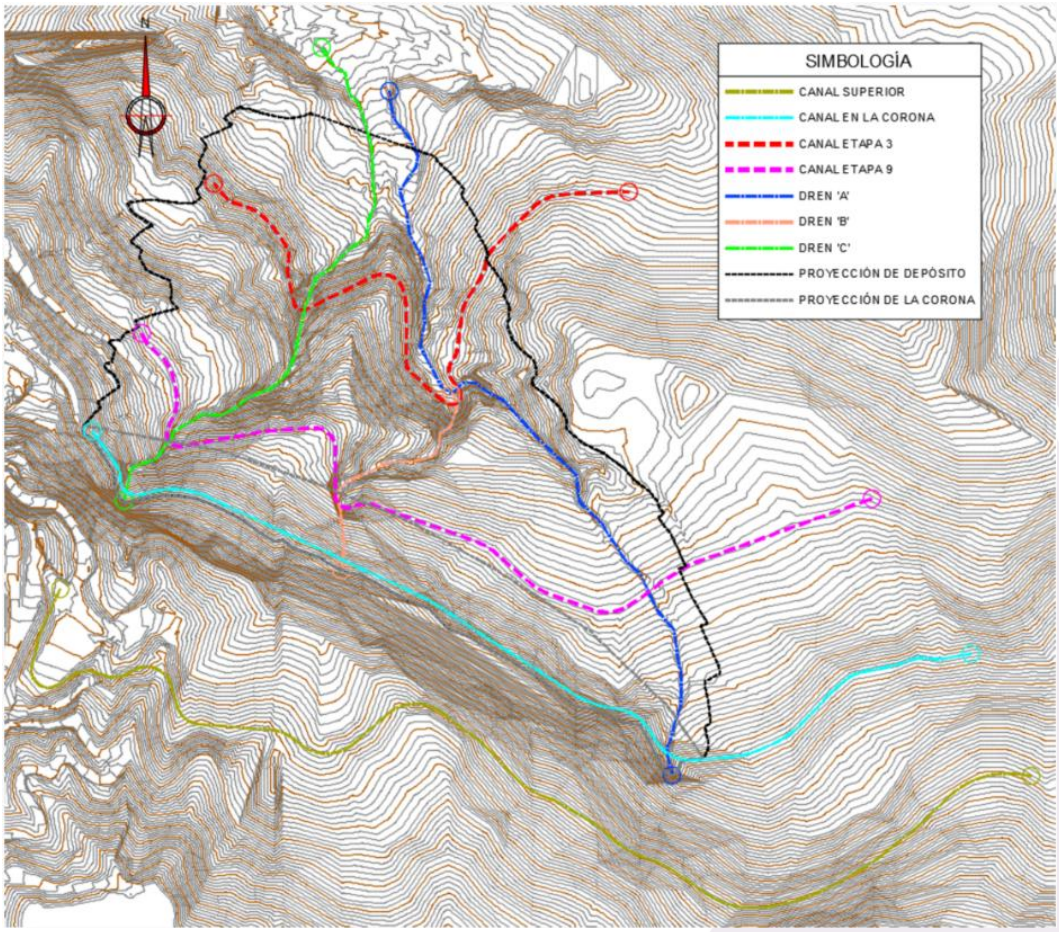



*Figura II.99. Obras hidráulicas propuestas en la Tepetatera Norte II*

#### II.2.3.1.1. Trazo y nivelación

Previo a la construcción del bordo iniciador se establecerán ejes de referencia para la superficie y volúmenes, terracerías, cortes, formación de bordos, desplante. De igual manera, durante las etapas de sobreelevación es necesario el trazo de los niveles a los que deberá llegar cada etapa.

Para el caso de la construcción del bordo iniciador, se dejarán testigos con balizas, estacas o algún señalamiento que se encuentre referenciado a bancos de nivel cercanos, para evitar que se pierdan con el paso vehicular, ya sea en el trazo o para los trabajos de nivelación, corte y formación del terraplén.

#### II.2.3.1.2. Manejo de vegetación y fauna

Previamente a cualquier intervención que implique la remoción de vegetación o suelo, se realizarán acciones de rescate y relocalización de fauna silvestre. Las labores por desarrollar se ajustarán a los principios y criterios técnicos y metodológicos establecidos en el **Programa de Rescate de Especies** y el **Programa de Protección de Flora y Fauna**.

Estos programas, que han sido formulados e implementados por Compañía Minera Autlán para las operaciones en sus tres unidades, han sido validados por la autoridad ambiental en las autorizaciones ambientales otorgadas.

Las acciones de rescate y protección de flora y fauna, se ejecutarán en las nuevas áreas donde se ha proyectado el desarrollo de la Tepetatera, e integrarán las medidas particulares que se establezcan en la autorización de cambio de uso de suelo en terrenos forestales para el desarrollo del depósito y la autorización de impacto ambiental que se emita para este **Proyecto DMA**.

#### II.2.3.1.3. Desmonte y Despalme

El desmonte incluye el corte, recorte y retiro de árboles en las secciones del terreno donde haya sido autorizada su remoción. Se incluye en este rubro la eliminación de la basura, maleza y madera derribada que se presenta dentro de las áreas despejadas.

En el desarrollo de los trabajos se evitará dañar árboles cuyo retiro no sea necesario o no haya sido autorizado. Asimismo, se conservarán las características naturales de los sitios, marcas de referencia, pozos existentes, cursos de agua y sistemas de raíces de los árboles que han de permanecer.

Las áreas de desmonte y arranque se extenderán por un mínimo de 5 m más allá del área del plan de las obras indicadas en los planos constructivos.

En el caso de desenraice, se eliminarán todos los tocones, raíces, troncos, arbustos, vegetación, escombros, materiales perecederos, árboles caídos, rocas y todas las demás obstrucciones de la superficie que queden después de la limpieza del terreno.

En las zonas en que se requiera, se sacarán troncos o tocones hasta una profundidad no menor a 0.60 m, especialmente aquéllos cuyo diámetro sea superior a 0.10 m.

#### II.2.3.1.4. Excavación

Las excavaciones se realizarán según las líneas y coordenadas que se muestran en los planos de construcción. El material excavado que no sea adecuado para su uso como relleno se desechará y depositará en los lugares designados para ello.

### II.2.3.1.5. Bordo iniciador

Después de que se hayan retirado todos los materiales inadecuados y antes de colocar los materiales de la estructura térrea, la subrasante, en caso de que aplique, deberá ser compactada con un equipo pesado adecuado para el tipo de subsuelo y la estructura específica en construcción.

El **enrocamiento** estará compuesto por fragmentos de roca con las características adecuadas: sin presencia de finos, no se utilizarán lajas que tiendan a fragmentarse, sino bloques macizos con aristas resistentes. Se verificará el tamaño máximo (30 cm) y mínimo del material colocado.

Para la colocación del **filtro grava**, se extenderá el material en capas de 0.30 m. A efecto de minimizar la rotura de partículas se empleará la menor energía de compactación posible, hasta alcanzar el espesor especificado para dicho bordo. Se deberá mantener constante la velocidad de los equipos de tendido de materiales, ya que un aumento en su velocidad provocaría una mayor segregación.

En cuanto a la densidad para el material de filtro, éste se compactará al 95 % del Peso Volumétrico Seco Máximo (PVSM).

Para la **colocación del tepetate**, la secuencia de desarrollo y la velocidad de depositación tienen un impacto significativo en la estabilidad y el rendimiento de la tepetatera. Los terreros que se construyen lentamente y de abajo hacia arriba en cortas elevaciones son mucho más estables que los terreros que se construyen con grandes elevaciones.

La construcción o desarrollo de una tepetatera se realiza con alguno de los cinco métodos existentes (Figura II.100).

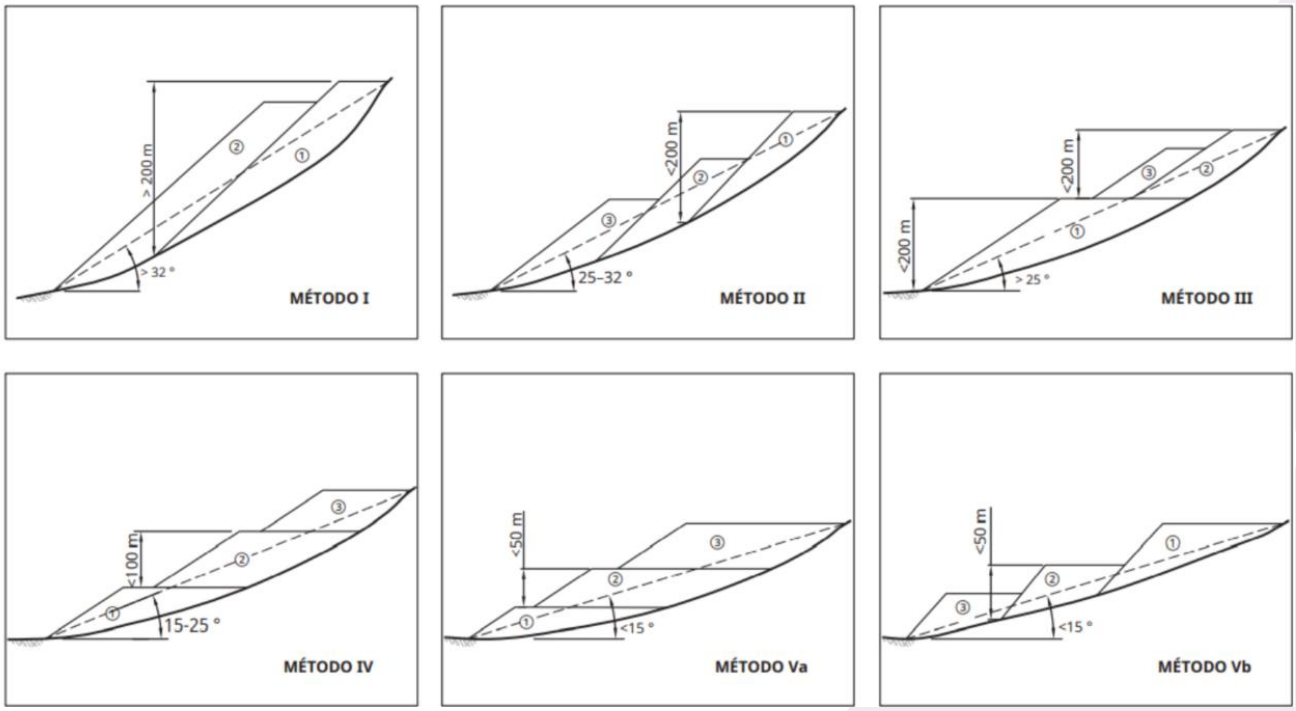



*Figura II.100. Métodos de conformación de una tepetatera*

El método propuesto para la conformación de la Tepetatera Norte II es el método IV, denominado "**Secuencia ascendente con múltiples ascensos"**, por la pendiente considerada entre 15 a 25°.

### II.2.3.1.6. Obras hidráulicas

Las excavaciones para las obras hidráulicas se realizarán con procedimientos que en ningún momento puedan afectar la estabilidad de cualquier talud. Se mantendrán limpias, sin agua estancada y tierra suelta. Las elevaciones del terreno se establecerán después de la finalización de los trabajos de limpieza, arranque y desmonte.

Las superficies de todo el material excavado se terminarán en taludes estables de manera cuidadosa y profesional.

El almacenamiento de material excavado se realizará en sitios donde se interfiera con el drenaje natural.

Dentro del límite de la excavación se retirarán todos los cantos rodados, materiales orgánicos, húmedos, sueltos, blandos y otros materiales inadecuados que pueden interferir con la unión adecuada entre el relleno y el subsuelo o con el material compactado en la obra. El subsuelo expuesto deberá consistir en una sobrecarga o roca competente.

Las excavaciones abiertas se protegerán contra inundaciones y daños debido a la escorrentía de la superficie. En caso necesario, se eliminará el agua acumulada, de manera que ésta no parte del trabajo en construcción.

### II.2.3.1.7. Construcción de obras hidráulicas

El concreto para la construcción de las obras hidráulicas se fabricará con agregados gruesos con peso específico superior a 2.6 t/$m^3$ (caliza, basalto, entre otros) y arenas andesíticas u otra de mejores características.

Como refuerzo para el concreto se empleará malla electrosoldada de acero que cumpla con la norma NMX-B-290. El armado se realizará de acuerdo con los planos del proyecto.

Las características particulares de las obras se describen en la Tabla II.58.

*Tabla II.58. Cantidades de conceptos y materiales de las obras hidráulicas de la Tepetatera Guadalupe – Unidad Naopa*

| Concepto | Canal superior | Canal Etapa 3 | Canal Etapa 9 | Canal corona 0+000 a 0+360 | Canal corona 0+360 a 1+200 | Unidad |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | Cantidad | | | | | |
| Excavación en terreno | 186,244 | 58,945 | 62,838 | 27,400 | 10,540 | $m^3$ |
| Terraplén compactado | 1,393 | 900 | 9,175 | 820 | -- | $m^3$ |
| Concreto | 1,535 | 791 | 1,156 | 450 | 815 | $m^3$ |
| Malla electrosoldada | 15,638 | 7,908 | 11,563 | 4,289 | 7,656 | $m^3$ |
| Juntas constructivas | 6,245 | 3,159 | 4,618 | 1,715 | 3,060 | $m^3$ |
| f 'c - concreto | 250 | 150 | 150 | 250 | 250 | Kg/$cm^2$ |

Los canales transversales (Canal etapas 3 y 9, canal superior y en la corona) se caracterizan por presentar una caja rompedora a la salida del canal, la cual es útil para disminuir la energía que lleva el flujo al conducirse por los canales e incorporarlas al arroyo.

#### Canal superior

Se construirá en la parte superior de la tepetatera y permitirá regular el gasto proveniente del nivel más alto que pudiera ingresar a la zona.

Se caracteriza por tener una longitud de 1,480 m (Figura II.101); de manera transversal presenta dimensiones variables, que dependen del gasto que circule por éste. Está proyectado como una sección trapecial.

Su construcción se realizará en las primeras del proceso constructivo, antes de iniciar el depósito de tepetate.

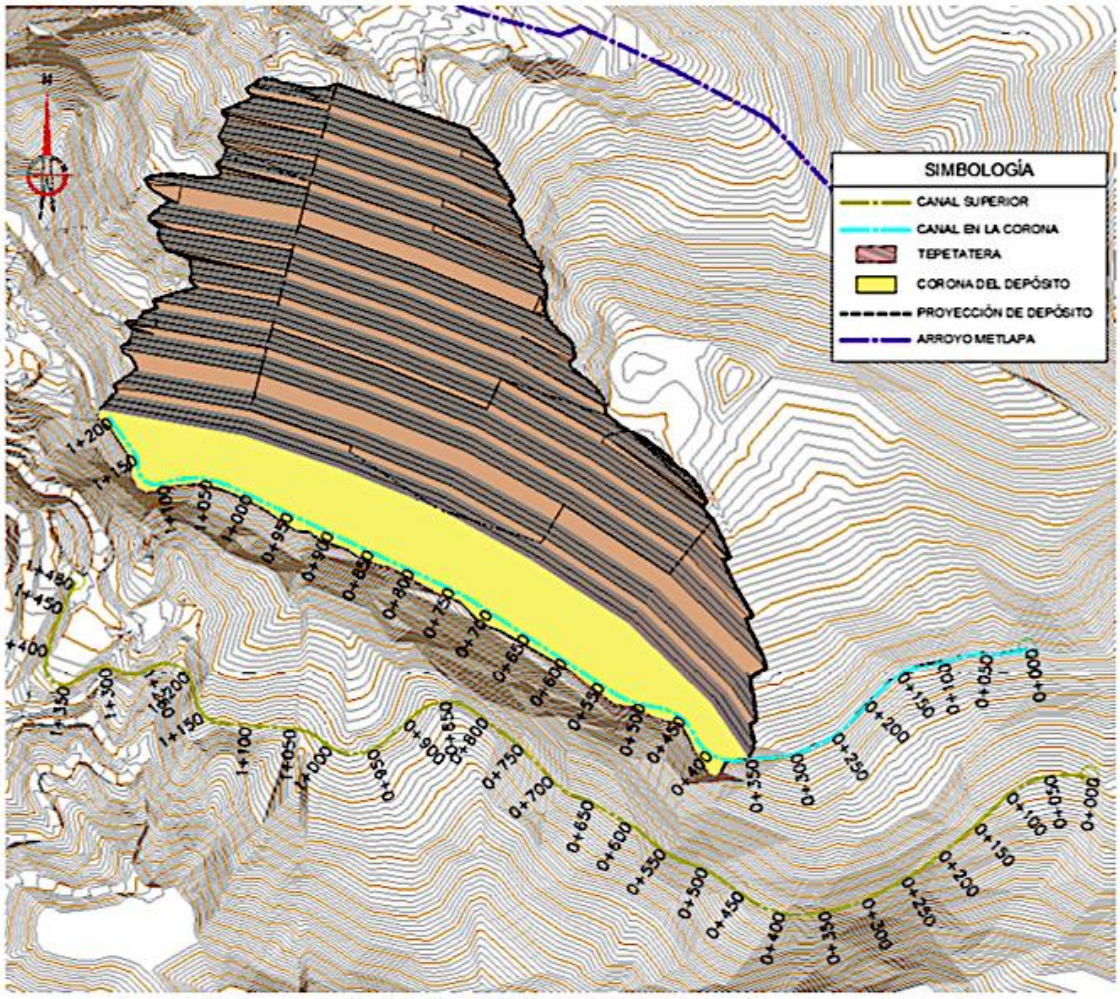



*Figura II.101. Localización del Canal Superior para el desalojo de aguas pluviales – Tepetatera Guadalupe – Unidad Naopa*

### Canal de desalojo en la Etapa y Etapa 9

Las etapas 3 y 9 del proceso de desarrollo de la tepetatera se caracteriza por la construcción de un canal a cielo abierto; el primero a la elevación de 905 msnm y la segunda a 995 msnm. La geometría de cada canal será de forma trapecial, revestido de concreto reforzado, su finalidad es recolectar el agua pluvial que se acumule en esta parte del depósito.

Estos canales tienen una longitud de 880 m y 1108 m, respectivamente (Figura II.102).

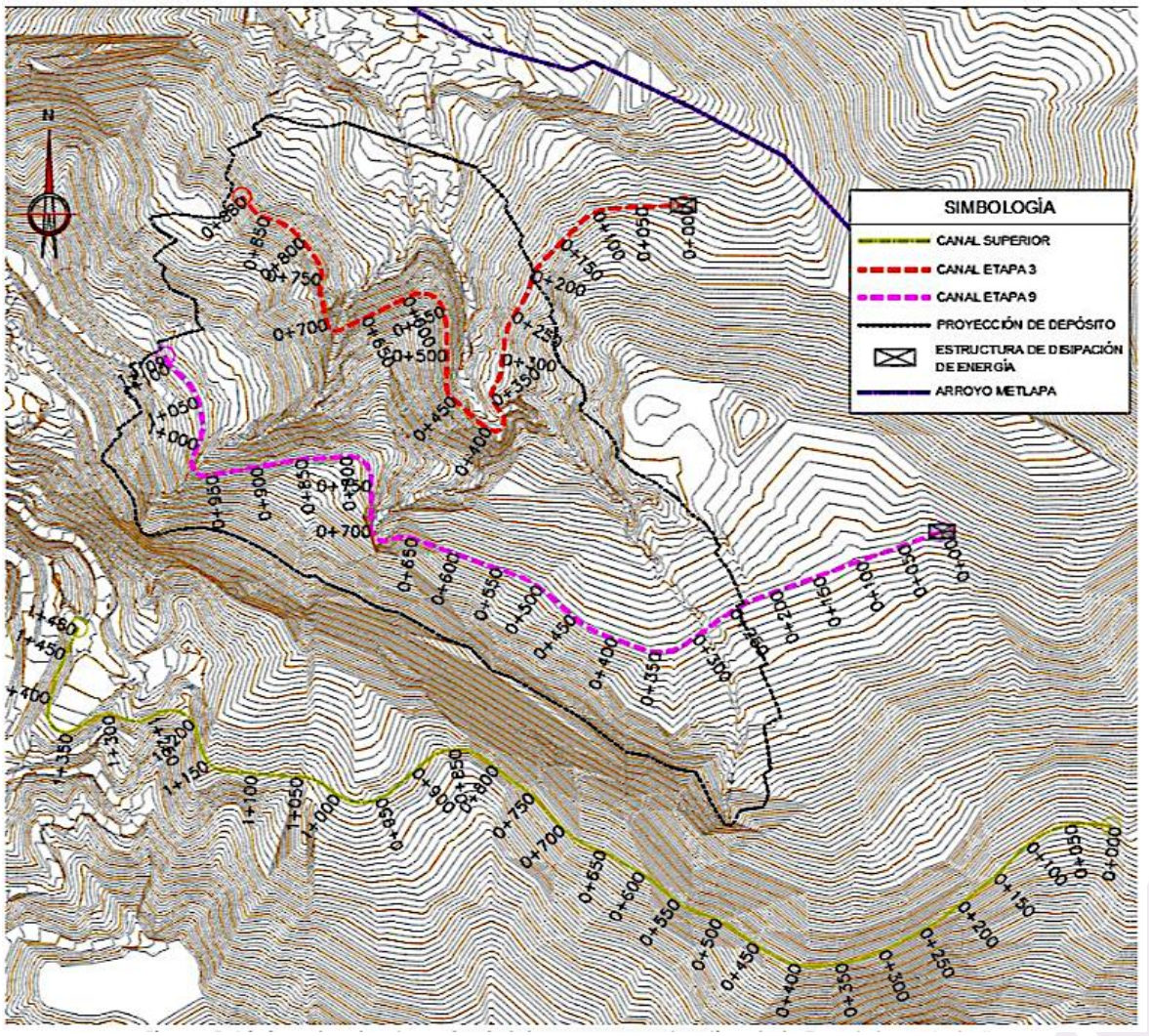



*Figura II.102. Canales de las Etapas 3 y 9 de la Tepetatera Guadalupe – Unidad Naopa*

### Sistema de drenaje interno

El sistema de drenaje al interior de la tepetatera se construirá a base de material de enrocamiento. Este tipo de drenaje consiste en tres drenajes que para efectos de identificación se han llamado para A, B, y C, de longitudes 980, 230 y 665 m, respectivamente. La pendiente de los drenes obedece a la pendiente del terreno natural.

La función principal es capturar y transportar el agua que se infiltra en el depósito de la manera más rápida y eficiente posible. Las estructuras deben aprovechar las características naturales del terreno para minimizar la necesidad de excavaciones. Cuando se tienen áreas grandes para drenar, es útil una serie de drenajes secundarios más pequeños, dispuestos en un patrón dendrítico que drenan hacia el canal principal.

La construcción de estos drenes se realizará sobre las cuencas naturales que cruzan el depósito, para que posteriormente el flujo sea descargado directamente al arroyo Metlapa (Figura II.103).

Estos canales deberán realizarse en las primeras etapas del proceso constructivo, previo al inicio del depósito de tepetate en el área propuesta, Su construcción será gradual, debido a que la topografía de sitio no permite que se construyan totalmente sin necesidad de realizar un considerable movimiento de tierra.

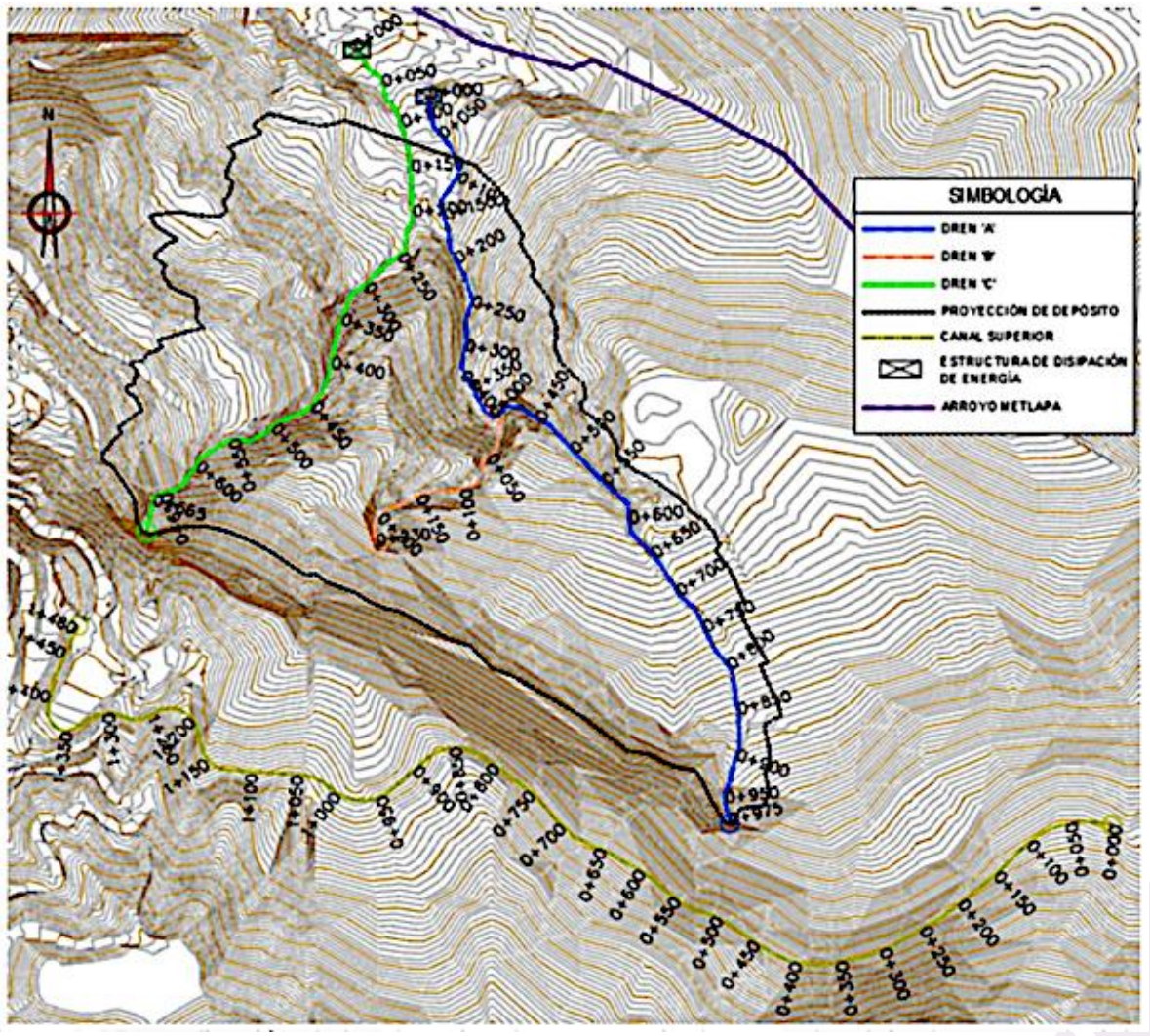



*Figura II.103. Drenajes de enrocamiento de la Tepetatera Guadalupe – Unidad Naopa*

### Canal de cierre

Esta estructura consiste en un canal a cielo abierto en la corona del depósito, de forma trapecial y revestido de concreto. Su finalidad es recolectar el agua pluvial que se acumule en esta parte del depósito, para posteriormente encauzarla hacia la estructura disipadora de energía en la salida o descargarla cerca del arroyo Metlapa.

El canal tendrá una longitud de 1,200 m, de los cuales 360 m estarán alojados en terreno natural y el resto se alojarán en la corona del depósito. Su pendiente podrá ser de 0.0025 (0.25 %), lo que implicará construir caídas en el perfil a lo largo de todo el canal.

una vez que el canal salga de la cuenca de aportación, éste se dirigirá hacia la subcuenca vecina, para posteriormente descargar al arroyo Metlapa. Así mismo, se propone construir una estructura disipadora de energía al inicio del canal (0+000).

### II.2.3.1.8. Instrumentación

La instrumentación de la tepetatera permitirá evaluar el comportamiento del depósito durante cada etapa de deposición o de algún acontecimiento atípico (sísmico o meteorológico), además de permitir la generación de

alertas en caso de sobrepasar los umbrales de seguridad establecidos en el diseño, así como, la verificación de las hipótesis de diseño y la prevención de comportamientos atípicos, a partir del registro continuo de múltiples variables.

la instrumentación que se ha considerado para la Tepetatera Guadalupe está basada en monitorear el bordo iniciador, la corona y el terreno adyacente al depósito, empleando para ello:

- Referencias superficiales para monitoreo de desplazamientos superficiales.
- Inclinómetros.
- Pozos de observación para monitoreo de la Línea Superior de Corriente.
- Piezómetros de abiertos o de Casagrande.

La localización de los instrumentos de monitoreo que se han evaluado se indica en las figuras II.104 a II.107. Las coordenadas de cada instrumento se indican en las tablas II.59 a II.62.




*Figura II.104. Localización de testigos de concreto de la Tepetatera Guadalupe – Unidad Naopa*

*Tabla II.59. Coordenadas de las referencias superficiales de la Tepetatera Guadalupe – Unidad Naopa*

| Referencia superficial | Coordenadas UTM, 14Q | | | Observaciones |
|---|---|---|---|---|
| | X | Y | Z | |
| TNII-RF-01 | 526,271 | 2,307,707 | 860 | En el bordo iniciador |
| TNII-RF-02 | 526,326 | 2,307,692 | | |
| TNII-RF-03 | 526,396 | 2,307,669 | | |
| TNII-RF-04 | 526,196 | 2,307,634 | 905 | Entre el primer bordo iniciador y la berma de 20.00 m |
| TNII-RF-05 | 526,315 | 2,307,600 | | |
| TNII-RF-06 | 526,458 | 2,307,544 | | |
| TNII-RF-07 | 526,096 | 2,307,590 | 935 | Primera berma de 20.00 m |
| TNII-RF-08 | 526,189 | 2,307,573 | | |
| TNII-RF-09 | 526,307 | 2,307,538 | | |
| TNII-RF-10 | 526,449 | 2,307,486 | | |
| TNII-RF-11 | 526,178 | 2,307,472 | 980 | Entre primera y segunda berma de 20.00 m |
| TNII-RF-12 | 526,295 | 2,307,435 | | |
| TNII-RF-13 | 526,431 | 2,307,381 | | |
| TNII-RF-14 | 526,611 | 2,307,281 | | |
| TNII-RF-15 | 526,067 | 2,307,404 | 1,025 | Segunda berma de 20.00 m |
| TNII-RF-16 | 526,166 | 2,307,383 | | |
| TNII-RF-17 | 526,283 | 2,307,343 | | |
| TNII-RF-18 | 526,416 | 2,307,287 | | |
| TNII-RF-19 | 526,564 | 2,307,202 | | |
| TNII-RF-20 | 526,688 | 2,307,105 | | |
| TNII-RF-21 | 526,051 | 2,307,330 | 1,055 | Cota máxima de deposición |
| TNII-RF-22 | 526,160 | 2,307,309 | | |
| TNII-RF-23 | 526,273 | 2,307,269 | | |
| TNII-RF-24 | 526,401 | 2,307,211 | | |
| TNII-RF-25 | 526,528 | 2,307,138 | | |
| TNII-RF-26 | 526,666 | 2,307,031 | | |




*Figura II.105. Localización de inclinómetros de la Tepetatera Guadalupe – Unidad Naopa*

*Tabla II.60. Coordenadas de las inclinómetros de la Tepetatera Guadalupe – Unidad Naopa*

| Referencia superficial | Coordenadas UTM, 14Q | | | Observaciones |
|---|---|---|---|---|
| | X | Y | Z | |
| TNII-INC-01 | 526,326 | 2,307,692 | 860 | En el bordo iniciador |
| TNII-INC-02 | 526,307 | 2,307,538 | 935 | Primer berma de 20.00 m |
| TNII-INC-03 | 526,611 | 2,307,281 | 980 | Entre primera y segunda berma de 20.00 m |
| TNII-INC-04 | 526,283 | 2,307,343 | 1,025 | Segunda berma de 20.00 m |
| TNII-INC-05 | 526,051 | 2,307,330 | 1,055 | Cota máxima de deposición |
| TNII-INC-06 | 526,528 | 2,307,138 | | |




*Figura II.106. Localización de pozos de observación de la Tepetatera Guadalupe – Unidad Naopa*

*Tabla II.61. Coordenadas de los pozos de observación de la Tepetatera Guadalupe – Unidad Naopa*

| Referencia superficial | Coordenadas UTM, 14Q | | | Observaciones |
|---|---|---|---|---|
| | X | Y | Z | |
| TNII-PO-01 | 526,271 | 2,307,707 | 860 | En el bordo iniciador |
| TNII-PO-02 | 526,326 | 2,307,692 | | |
| TNII-PO-03 | 526,396 | 2,307,669 | | |
| TNII-PO-04 | 526,096 | 2,307,590 | 935 | Primera berma de 20.00 m |
| TNII-PO-05 | 526,189 | 2,307,573 | | |
| TNII-PO-06 | 526,307 | 2,307,538 | | |
| TNII-PO-07 | 526,449 | 2,307,486 | | |
| TNII-PO-08 | 526,067 | 2,307,404 | 1,025 | Segunda berma de 20.00 m |
| TNII-PO-09 | 526,166 | 2,307,383 | | |
| TNII-PO-10 | 526,283 | 2,307,343 | | |
| TNII-PO-11 | 526,416 | 2,307,287 | | |
| TNII-PO-12 | 526,564 | 2,307,202 | | |
| TNII-PO-13 | 526,688 | 2,307,105 | | |
| TNII-PO-14 | 526,051 | 2,307,327 | 1,055 | Corona del depósito |
| TNII-PO-15 | 526,147 | 2,307,307 | | |
| TNII-PO-16 | 526,270 | 2,307,269 | | |
| TNII-PO-17 | 526,399 | 2,307,214 | | |
| TNII-PO-18 | 526,532 | 2,307,132 | | |
| TNII-PO-19 | 526,649 | 2,307,041 | | |
| TNII-PO-20 | 526,338 | 2,307,762 | -- | Terreno natural |




*Figura II.107. Localización de piezómetros de la Tepetatera Guadalupe – Unidad Naopa*

*Tabla II.62. Coordenadas de los piezómetros de la Tepetatera Guadalupe – Unidad Naopa*

| Referencia superficial | Coordenadas UTM, 14Q | | | Observaciones |
|---|---|---|---|---|
| | X | Y | Z | |
| TNII-PZ-01 | 526,326 | 2,307,692 | 860 | En el bordo iniciador |
| TNII-PZ-02 | 526,096 | 2,307,590 | 935 | Primer berma de 20.00 m |
| TNII-PZ-03 | 526,189 | 2,307,573 | | |
| TNII-PZ-04 | 526,307 | 2,307,538 | | |
| TNII-PZ-05 | 526,449 | 2,307,486 | | |
| TNII-PZ-06 | 526,067 | 2,307,404 | 1,025 | Segunda berma de 20,00 m |
| TNII-PZ-07 | 526,166 | 2,307,383 | | |
| TNII-PZ-08 | 526,283 | 2,307,343 | | |
| TNII-PZ-09 | 526,416 | 2,307,287 | | |
| TNII-PZ-10 | 526,688 | 2,307,105 | | |

### II.2.3.2. Desarrollo de Tepetateras operativas

El material estéril del descapote del yacimiento, que se obtiene del minado del Tajo Naopa, es depositado en las tepetateras operativas de la Unidad Naopa.

En un sentido estricto la conformación de las tepetateras es parte de lo que se considera como la etapa de construcción y operación en otro tipo de obras, ya que, salvo la construcción inicial del bordo iniciador en una obra nueva, como es la Tepetatera Guadalupe, este tipo de obra se configura al mismo tiempo que se deposita el material, es decir mientras se opera.

La conformación de las tepetateras se realiza conforme el tepetate se va depositando en el terreno designado. La geometría del depósito se define a través de una planeación rigurosa que atiende a criterios de ingeniería y seguridad (estabilidad), entre otros factores.

Ello es importante porque para que la estructura se establece, la altura y ángulo de los taludes debe contribuir a mantener una relación de resistencia del suelo o macizo rocoso al corte, contra las fuerzas que pueden ocasionar una falla o deslizamiento.

El depósito del tepetate se realizar con el método de "punto final de descarga", que consiste en verter el material para que se compacte por su propio peso. El acomodo consiste en la conformación de terrazas descendentes, que inician en la parte superior de cada sitio.

El material se deposita de forma planificada y de acuerdo con sus características mineralógicas, manteniendo ángulos de reposo de 34°, hasta formar bancos de 20 a 30 metros de altura, separados entre sí por una berma de 30 metros.

El acceso a la tepetatera se efectúa por medio de rampas de 30 metros de ancho y pendiente general de 10 %, que se van construyendo conforme avanza el depósito en altura y amplitud de los diferentes bancos.

Como parte de las operaciones en las tepetateras, en la Unidad Naopa se han incorporado las mejores prácticas de manejo para atenuar la dispersión de partículas, mitigar la erosión y controlar los escurrimientos de sedimentos. Entre ellas, destacan las siguientes:

a. Medidas de estabilización de la superficie. Incluyen acciones de compactación, colocación de cubiertas vegetales y construcción de muros de rocas (riprap), entre otras.
b. Medidas para el control de polvo. Se realiza la aspersión de los caminos y la cobertura de la caja de los camiones de acarreo.
c. Medidas de control y canalización de escurrimientos. Se construyen canales superficiales para el control de los escurrimientos pluviales, así como subdrenes de zanja.
d. Medidas de control de sedimentos. Se instalan trampas y barreras de sedimentos.

### II.2.3.3. Exploración Naopa NW (Noru) y San Antonio

Las actividades de exploración en los polígonos Naopa NW y San Antonio son las únicas que requerirán el desarrollo de trabajos de preparación del sitio.

Las actividades de esta etapa consisten en:

- Delimitación del trazo de caminos y planillas de barrenación.
- Remoción de la vegetación presente en el sitio de barrenación.
- Nivelaciones del terreno necesarias.
- Apertura de caminos, de 5 a 7 metros de ancho.
- Conformación de cárcamos de bombeo.
- Traslado del equipo de barrenación.

Algunas planillas pueden colocarse justo dentro de los límites del camino.

## II.2.3.4. Resumen de Usos de Suelo y Vegetación de Obras nuevas

En la Tabla II.63, se presenta a manera de resumen las superficies de Uso de Suelo y Vegetación que se verán afectadas por la construcción de obras nuevas, asimismo se presenta el porcentaje de afectación con respecto a las 10,716.7262 ha de incidencia territorial del proyecto DMA y las 38,998.68 ha del SAR.

*Tabla II. 63. Resumen de Uso de Suelo y Vegetación que se verá afectado por la construcción de obras nuevas*

| Obra | Tipo de vegetación | Superficie de incidencia (m²) | % de afectación Distrito Minero | % de afectación SAR |
|---|---|---|---|---|
| Propuesta de Relleno Sanitario | BM | 18,164.94 | 0.017% | 0.005% |
| Área verde 5.12 | BM | 147,707.64 | N/A | N/A |
| | VSa/BM | 79,602.21 | N/A | N/A |
| Área verde 5.13 | VSa/BM | 56,442.92 | N/A | N/A |
| Área verde 5.14a | BM | 390.20 | N/A | N/A |
| | VSa/BM | 184,535.13 | N/A | N/A |
| Área verde 5.14b | BM | 272,433.61 | N/A | N/A |
| Área verde 5A.15 | BM | 50,734.14 | N/A | N/A |
| | VSa/BM | 1,184.51 | N/A | N/A |
| Tepetatera Guadalupe | BM | 9,393.68 | 0.009% | 0.002% |
| | VSa/BM | 565,443.28 | 0.528% | 0.145% |
| Exploración Noru | BM | 5,047.53 | 0.005% | 0.001% |
| | VSa/BM | 2,137.00 | 0.002% | 0.001% |
| Exploración San Antonio | BM | 252,775.00 | 0.236% | 0.065% |
| | VSa/BM | 315,108.00 | 0.294% | 0.081% |

BM = Bosque mesófilo de Montaña
VSa/BM= Vegetación secundaria arbustiva de bosque mesófilo de montaña
Distrito Minero = 10,716 ha (107,167,200 m²)
SAR = 38,998.68 ha (389,986,800 m²)
Notas: Aún y cuando en el análisis para uso de suelo y vegetación señala 57.4836 ha de BM, Vsa/BM para la Tepetatera Guadalupe, solo se requerirá la remoción para 37.959 ha.
Cabe aclarar que en las áreas verdes no se llevara a cabo ningún tipo de infraestructura, son áreas reservadas para actividades de reforestación.

En la Figura II.108 se muestra la superficie de Cambio de Uso de Suelo en Terrenos Forestales solicitado para la Tepetatera Guadalupe.

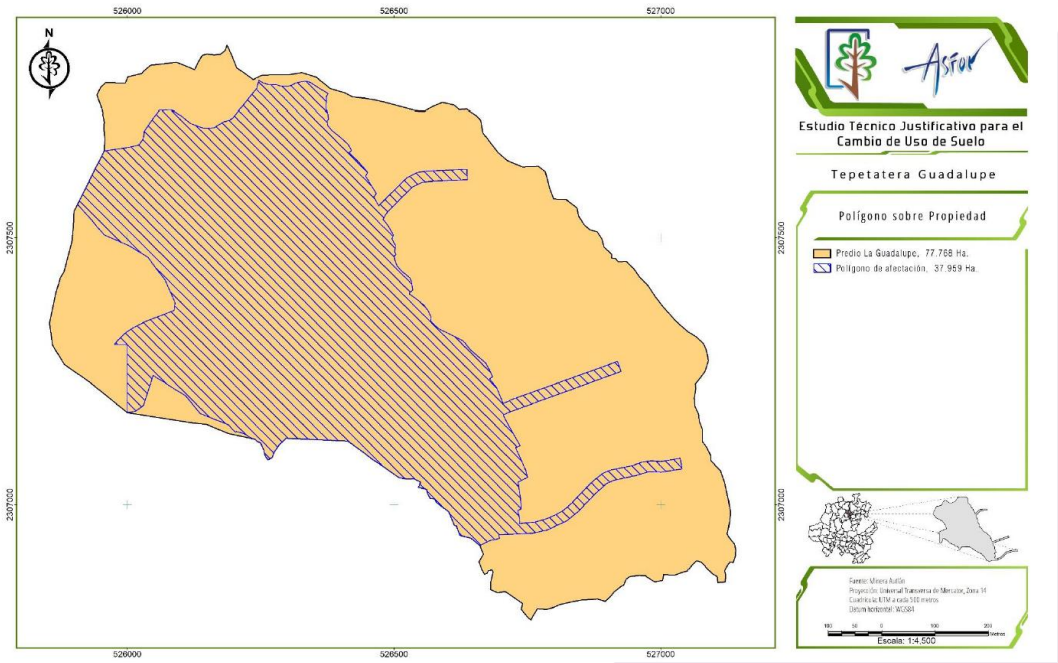



*Figura II. 108. Superficie de Cambio de Uso de Suelo en Terrenos Forestales solicitada para la tepetatera Guadalupe*

## II.2.4. Operación y mantenimiento

Se describen a continuación las diferentes actividades y procesos que se realizan en las tres unidades que integran al proyecto DMA, así como aquéllas que se relacionan con la conformación de la nueva tepetatera, las nuevas áreas verdes y las actividades de exploración.

En el **Anexo II.12** de este documento se muestran los procedimientos de barrenación y explotación que lleva a cabo el DMA para operaciones seguras

### II.2.4.1. Minado subterráneo – Unidad Molango

El minado subterráneo se realiza exclusivamente en la Unidad Molango, mediante dos métodos: (i) corte y relleno; y (ii) Block Caving.

#### Método de corte y relleno

El método de corte y relleno se emplea en yacimientos de alta ley y con estructuras irregulares o inclinadas. Aunque los costos operativos de esta técnica son altos, por la necesidad de relleno y mayor trabajo manual, tiene la ventaja de reducir la dilución del mineral, porque se mantiene el control en la extracción y relleno. Asimismo, a pesar de que el volumen de producción no es muy alto, es adecuado para zonas del yacimiento de alta ley.

En la Unidad Molango, el método de corte y relleno se emplea en cuerpos con un echado cercano a la vertical, donde la mineralización presenta un comportamiento estructural poco uniforme. Debido a esta variabilidad, es fundamental minimizar la dilución, por lo que se requiere un método altamente selectivo como éste.

Sin embargo, este método también presenta ciertas limitaciones, especialmente en cuanto a la disponibilidad del mineral tumbado. Además, el grado de mecanización que se puede alcanzar depende, en gran medida, de las dimensiones de los cuerpos que se están minando.

Actualmente las dimensiones promedio de los cuerpos minados por este método son: 60 m de largo por 10 de ancho, medidas que se conservan en toda la profundidad de desarrollo.

En este sistema, una vez localizado el cuerpo mineralizado, el material es tumbado en capas horizontales, iniciando desde la parte inferior del rebaje, hacia la parte superior y agotar el rebaje. El mineral tumbado es rezagado, una vez terminado el corte del rebaje, se realiza el relleno del hueco generado con tepetate (material estéril), que sirve como relleno, soporte de tablas y como piso para comenzar un nuevo corte.

El sistema de minado se planifica de acuerdo con la información geológica y de reservas, con base en la cual se delimita la longitud de intervención y la zona económica a explotar. Una vez establecida la extensión, es necesario desarrollar una infraestructura adecuada para acceder al cuerpo mineralizado (Figura II.109):

- **Desarrollo de rampas de acarreo y servicios.** Con sección de 5 x 4 metros, o bien, las especificadas en la tabla de sección de mina, con una pendiente del 12 %, ya sea ascendente o descendente, según se requiera.
- **Desarrollo de cruceros para acceder a la estructura, partiendo desde la rampa.** Al alcanzar la elevación deseada para el inicio de las obras de preparación, se cuela un acceso pivoteado de la misma sección, con una pendiente de -15 %, a medida que se avanza en los cortes sucesivos.
- **Desarrollo de contrapozos de ventilación, servicios y metaleros.** Paralelamente al avance de estas obras, se requiere la construcción de infraestructura auxiliar, como sistemas de ventilación, metaleras y servicios. Para ello, se ejecutan contrapozos, ya sea mediante métodos convencionales o con maquinaria Robbins, los cuales se construyen con secciones de 2 x 2 metros o en formas circulares de 1.8, 2.4 hasta 3 metros, con ángulos que varían entre 60° y la vertical, dependiendo de las necesidades y la longitud requerida.
- **Desarrollo de cruceros de escape, nichos, contrapozos, etc.** A medida que se desarrolla el minado, se incorporan, a necesidad, cruceros de escape, nichos o contrapozos adicionales.

Todas estas obras son planeadas como infraestructura permanente, por lo que se ubican estratégicamente bajo el cuerpo mineralizado y en roca estéril, garantizando su funcionalidad para la explotación de niveles subsecuentes.

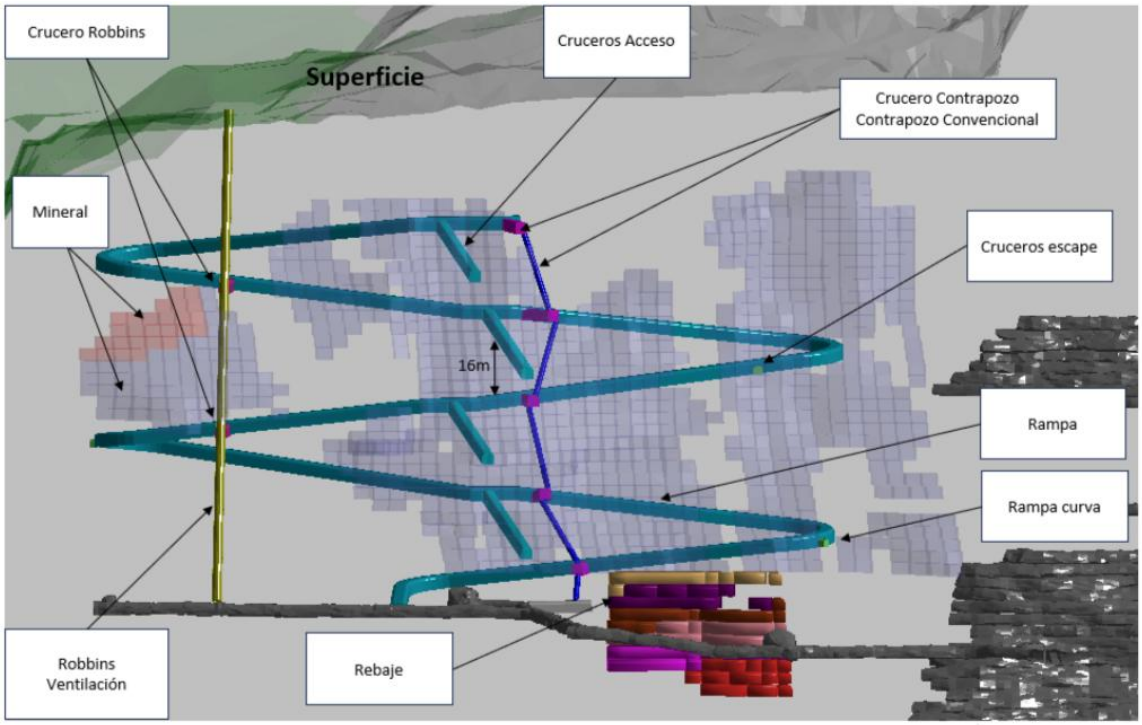



*Figura II.109. Obras del minado subterráneo – Unidad Molango*

Una vez concluidas las obras de desarrollo, se habilita un frente que siga longitudinalmente el contacto del bajo del cuerpo mineralizado. Al mismo tiempo, se cuela un crucero para localizar el contacto del alto del mineral. Estas obras permiten delimitar el área mineralizada, a partir de la cual se diseña la disposición de pilares, en caso de que el ancho de apertura supere el máximo permitido según los estudios de mecánica de rocas.

Definidas las dimensiones y la distribución de los pilares, cuando es necesario, se procede a desbordar tablas y a delimitar pilares, abriendo toda el área mineralizada, tanto longitudinal como transversalmente, hasta alcanzar los contactos del mineral. Este proceso se realiza con una altura de 5.0 metros, formando lo que se conoce como sill de desplante, desde donde se iniciará la explotación del mineral.

Paralelamente, se construyen contrapozos para ventilación, acceso al primer corte y conexión con los contrapozos metaleros.

Las actividades de producción de mineral se conocen como tumbe, etapa en la cual el mineral es arrancado y fragmentado mediante el uso de explosivos.

A continuación, se describen las etapas generales del método de minado por corte y relleno.

#### II.2.4.1.1. Barrenación

Se realiza mediante la perforación de barrenos horizontales. Aunque el alcance de este método está limitado a la longitud de barrenación y el volumen de material generado por cada voladura es reducido, es posible tener un mayor grado de mecanización, permitiendo la utilización de equipos convencionales (máquinas de pierna o maquinaria más sofisticada) y equipos electrohidráulicos de alta productividad.

En la Unidad Molango se utilizan Jumbos electrohidráulicos, que cuentan con longitudes de barrenación para producción de 14’ y 16’, con un diámetro de 1 ¾”. Las dimensiones promedio de un corte son: 4 metros de altura, 6 metros de ancho y 4.2 metros barrenación efectiva.

La plantilla de barrenación es cuadrada, con un espaciamiento y bordo de 0.90 m. Se perfora una línea de contorno en el cielo y las tablas, con una distancia de 0.60 m respecto a la última línea y una separación de 0.40 m entre barrenos. Posteriormente, se realiza la carga de explosivos (Figura II.110).

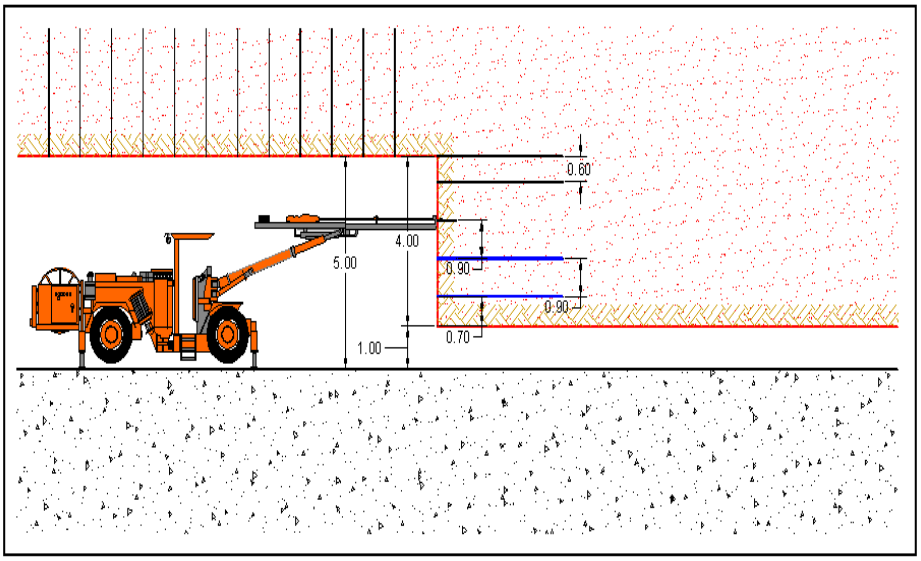



*Figura II.110. Perforación horizontal en el minado subterráneo – Unidad Molango*

Entre las principales ventajas de realizar cortes horizontales, destacan:

- Mayor control en el acabado del techo (cielo) y en las paredes (tablas) del rebaje, por la perforación horizontal.
- Menor sobrerompimiento, lo que contribuye a una mayor estabilidad y reduce la necesidad de trabajos adicionales de anclaje y amacice.
- Mayor seguridad para el personal y los equipos.
- Mayor selectividad, ya que las voladuras se realizan en etapas, lo que permite excluir áreas no rentables.
- Mejor fragmentación del mineral, al poder controlar el paralelismo entre barrenos.

Los cortes horizontales tienen una altura de 4 metros en la cara expuesta, mientras que su ancho varía según la potencia del cuerpo mineralizado. Se deja un espacio de 1 metro entre el piso del relleno y la cara inferior del corte, el cual funciona como vía de salida durante la voladura. En total, la altura desde el piso hasta el techo del rebaje es de 5 metros, considerada óptima según las características del equipo disponible (Figura II.111).

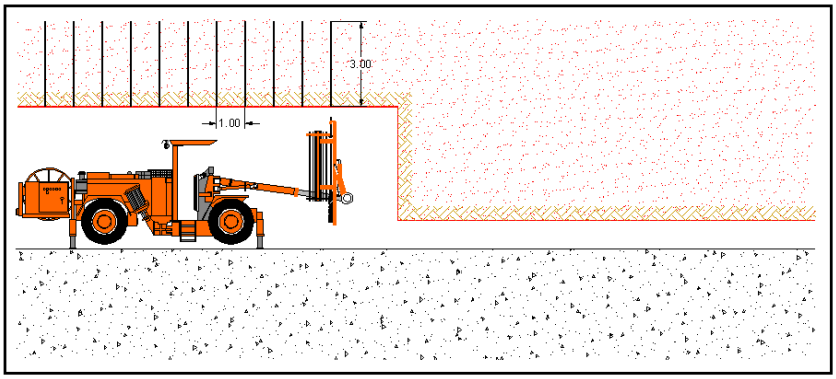



*Figura II.111. Perfil de los cortes en el minado subterráneo – Unidad Molango*

Desde el sill de desplante, es fundamental mantener pisos nivelados, ya que esto garantiza una altura uniforme del techo y conserva su horizontalidad.

#### II.2.4.1.2. Voladura

Se realiza la carga de explosivo en los topes de barrenación y se detonan. Para este proceso se utiliza un equipo cargador de ANFO con plataforma. Se emplean voladuras de retardo, en las que se usa Emulex de 1” x 8” como carga de fondo y ANFO como carga de columna, aplicado con un taco de 0.9 m en los barrenos de producción. En la línea de contorno se carga explosivo de baja densidad T1 de 1” x 39” y 0.2 m como tapón (Figura II.112).

Este procedimiento ha demostrado buenos resultados en la fragmentación y efectividad en la salida del material.

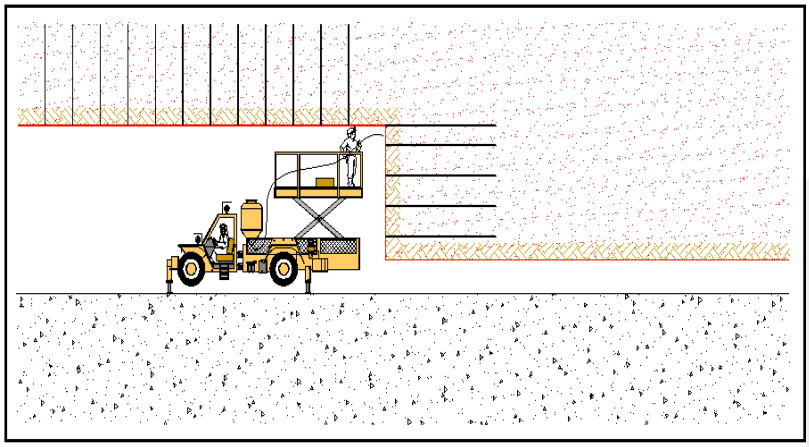


*Figura II.112. Perfil de la carga de explosivo en el minado subterráneo – Unidad Molango*

#### II.2.4.1.3. Ventilación

Se proporciona aire en el área de trabajo para diluir y eliminar los gases tóxicos generados durante la voladura, proporcionando condiciones seguras para el trabajador.

#### II.2.4.1.4. Amacice

Una vez ventilado el tope se realiza el amacice de rocas en cielo y tablas para eliminar cualquier roca que haya quedado inestable. Este procedimiento se realiza de forma manual, con barras de aluminio de 8 a 10 pies de longitud, o en forma mecanizada, con equipo amacizador diésel que posee un brazo con martillo percutor para eliminar los fragmentos de material (Figura II.113).

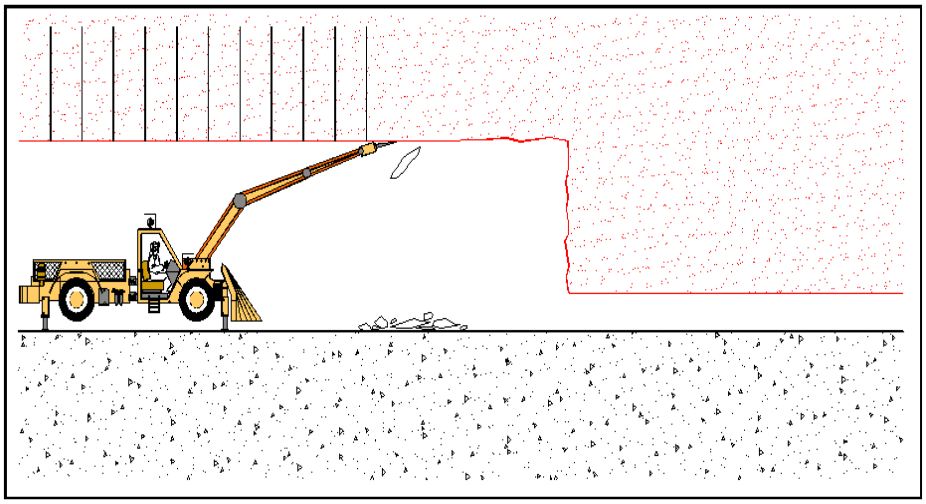


*Figura II.113. Amacice en el minado subterráneo – Unidad Molango*

#### II.2.4.1.5. Rezagado

Una vez que el lugar está ventilado y estable, el mineral fragmentado es cargado y extraído del lugar. La extracción se realiza en camones de 30 y 40 toneladas de capacidad; o bien, es vaciado mediante cargadores frontales en contrapozos metaleros que lo conducen al nivel principal de acarreo.

#### II.2.4.1.6. Anclaje

Cuando se ha retirado el mineral y el sitio se encuentra limpio, se realiza el soporte de obra mediante anclaje, anclaje y malla, o un soporte completo de anclaje, malla y concreto lanzado vía húmeda.

#### II.2.4.1.7. Servicios

Concluido el anclaje se colocan los servicios de agua, aire y electricidad.

#### II.2.4.1.8. Relleno

El espacio creado por la extracción de mineral es rellenado con tepetate.

El relleno de la mina subterránea se realiza con tepetate (material estéril), generado en el propio desarrollo de las rampas, accesos, cruceros, contrapozos, desbordes, etc. Las necesidades de tepetate para relleno se complementan con tepetate externo, procedente de antiguas tepetateras formadas con el descapote del Tajo Tetzintla. Los volúmenes de tepetate a utilizar por cada año se indican en la Tabla II.64.

*Tabla II.64. Volumen anual de tepetate requerido para el relleno de la mina subterránea de la Unidad Molango*

| Tepetate | 2025 | 2026 | 2027 | 2028 | 2029 | 2030 | 2031 | 2032 | 2033 | 2034 | 2035 | 2036 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **m³ a rellenar** | 31,048 | 84,004 | 103,382 | 103,254 | 107,112 | 103,562 | 113,412 | 111,436 | 111,429 | 108,774 | 106,314 | 15,272 |
| **m³ generados** | 7,093 | 26,710 | 20.391 | 11,578 | 14,606 | 7,487 | 18,142 | 17,826 | 17,825 | 17,400 | 17,007 | 2,443 |
| **m³ externo** | 23,956 | 57,294 | 82,991 | 91,687 | 92,507 | 96,075 | 95,270 | 93,610 | 93,605 | 91,374 | 89,308 | 12,829 |

El ciclo de explotación del minado subterráneo se exhibe en la Figura II.114.

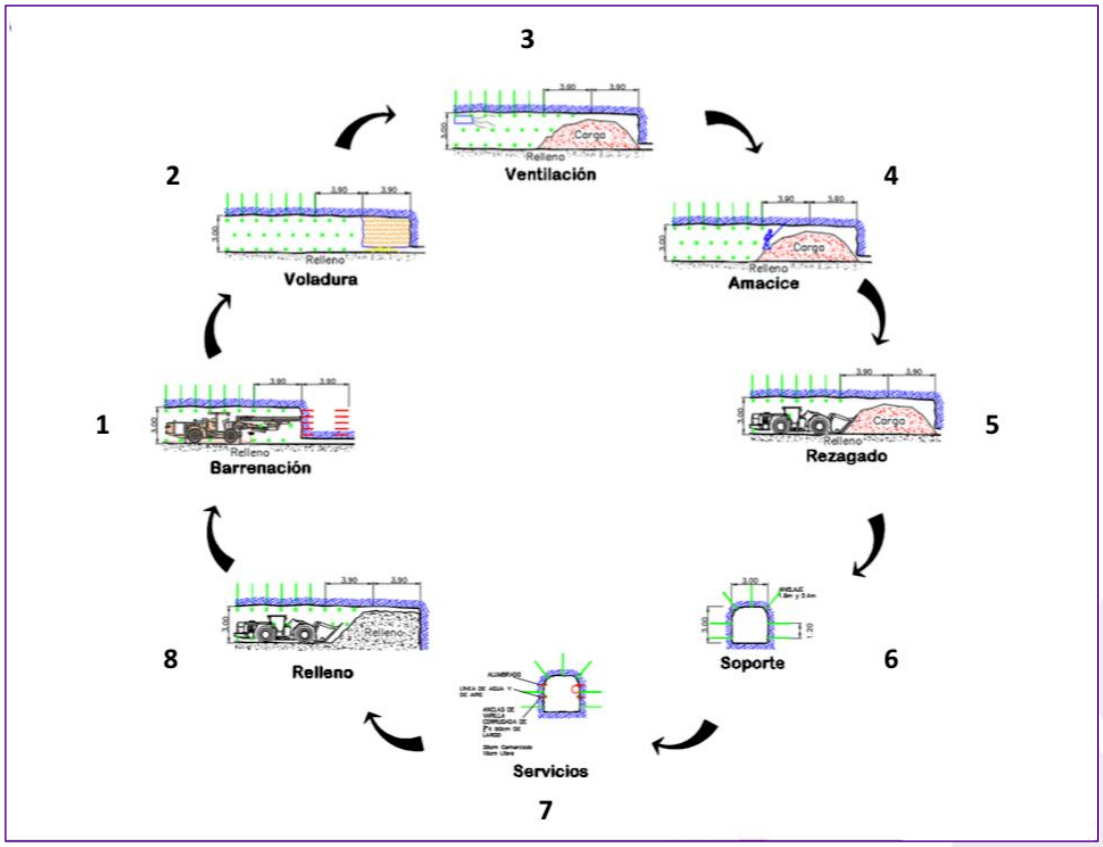
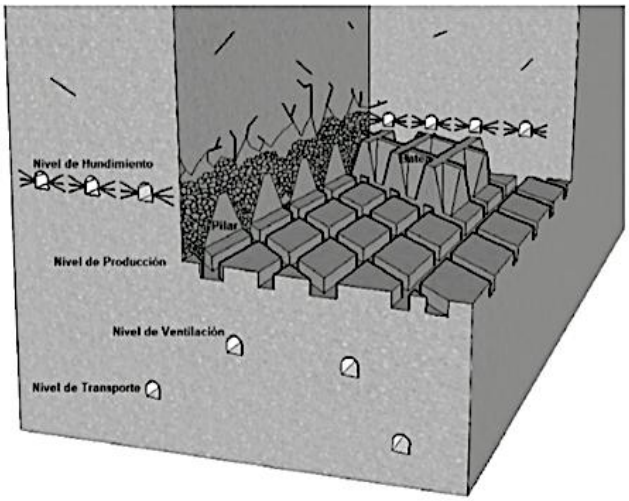



*Figura II.114. Ciclo de explotación - minado subterráneo (corte y relleno)*

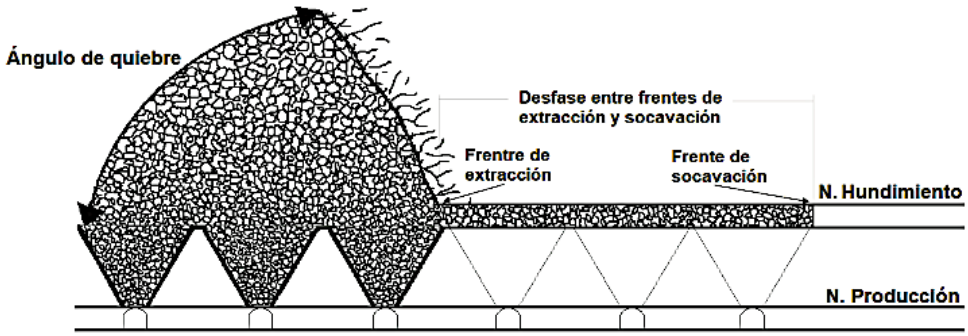
### Método de Block Caving

En ciertas zonas de la mina subterránea el minado se realiza por el método denominado *Block Caving*, aplicable a depósitos de gran volumen y zonas del yacimiento de baja ley.

Este método consiste en fracturar y colapsar de manera controlada grandes bloques de mineral, permitiendo que el material fragmentado caiga por gravedad hacia puntos de extracción ubicados en la base del bloque (Figura II.115).




Esquema de explotación mediante el método de Block Caving




Ángulo de quiebre, método de Block Caving

Fuente: Gómez y Labbé (2019)[11]

*Figura II.115. Esquema del minado subterráneo por block caving*

Tiene la ventaja de que los costos operativos son más bajos que en el método de corte y relleno, puesto que la cavidad se auto-soporta parcialmente, hasta que colapsa; no necesita relleno. Su desventaja consiste en que existe alta dilución del mineral, debido a la fragmentación y mezcla con material estéril, pero ello es aceptable en tanto que el mineral es de baja ley y se generan altos volúmenes de producción, ideal para operaciones a largo plazo.

Las principales características del método son:

- Se basa en la creación de un sistema de socavado para inducir el colapso natural del mineral.
- Requiere una estructura geológica competente que permita la fragmentación controlada del material.
- Es altamente mecanizado, lo que reduce la intervención humana en zonas de alto riesgo.
- Tiene costos operativos relativamente bajos en comparación con otros métodos subterráneos, ya que aprovecha la fuerza de gravedad para la movilización del mineral.
- Requiere una planificación y preparación extensivas, incluyendo perforación, voladuras y sistemas de transporte eficientes.

[11] Gómez, René y E. Labbé. 2019. Una opción para el paso a la minería subterránea masiva: la actual metodología aplicada en Chile del "block caving". Boletín Geológico y Minero, 130 (1):181-198.

Este método es ampliamente utilizado en la industria minera moderna debido a su eficiencia en la recuperación de grandes volúmenes de mineral con costos relativamente bajos por tonelada extraída.

En la mina subterránea de la Unidad Molango, el Block Caving involucra el desarrollo de una rampa de 167 m lineales, con pendiente del -12 %, con una sección de obra de 5 x 5 m de subnivel a subnivel, para un total de 20 m entre éstos. Asimismo, se desarrollan 50 m de acceso para llegar a la proyección del contacto entre la caliza y la estructura mineral. Para la preparación se desarrolla un frente sobre mineral en sección de 4 x 4 m, hasta definir el contacto con el intrusivo y subsecuente desarrollar calles con una separación de 31 m de centro a centro entre éstas.

El tumbe se realiza con barrenación larga ascendente en forma de abanico, utilizando equipos de perforación Sandvik DL421. En el centro de cada calle el barreno más largo tiene longitud de 35 m. Se perforan en total 19 barrenos por abanico, con el bordo-espaciamiento de 1.8 m y 2.5 a 3.0 m, respectivamente. El diámetro de perforación en esta etapa es de 2 ½" a 3".

En la voladura del tumbe se utilizan equipos *anfoloaders*; para la carga de fondo se utiliza Emulex de 1" X 8", en tanto que para la carga de columna se utiliza material explosivo que se inyecta neumáticamente, con iniciadores Nonel y Electrónicos de 30 pies a 100 pies de longitud.

#### II.2.4.1.9. Acarreo

El mineral extraído de la explotación subterránea, con granulometría de 14 – 40", es transportado hasta el stock pile de gruesos, mediante camiones de volteo de acarreo corto, de aproximadamente 14 $m^3$. Antes de su descarga el mineral se humedece, con el propósito de mitigar la dispersión de polvos; posteriormente se descarga y es apilado y almacenado a granel, a cielo abierto (Figura II.116).

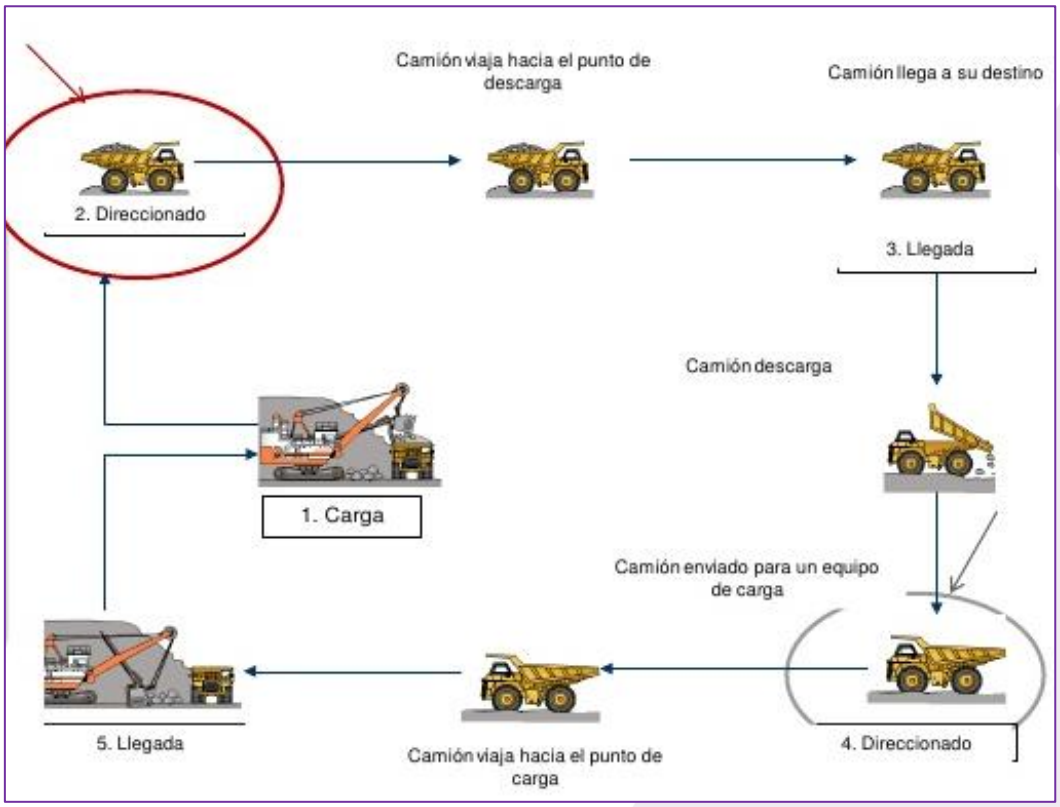



*Figura II.116. Acarreo de mineral - minado subterráneo*

### II.2.4.2. Explotación a cielo abierto

Actualmente, la explotación a cielo abierto de la Compañía Minera Autlán se realiza únicamente en el Tajo Naopa; de donde se extraen carbonatos de manganeso que se procesan en su totalidad en la planta de beneficio de la Unidad Molango.

El minado a cielo abierto consiste en la extracción del mineral a partir de la profundización de una excavación, comenzado en la superficie, introduciendo explosivo en barrenos y bajando mediante una serie de bancos descendentes, en los que se retira el material estéril hasta llegar a las zonas mineralizadas. A partir de ese punto se balancea la proporción de material estéril y mineral en cada fase del proyecto.

En la Unidad Naopa el cuerpo mineralizado se dividió en 12 fases, que corresponden a la ubicación y leyes, de manera que la explotación no es espacialmente secuencial, sino que se van alternando para conseguir las características deseadas.

Para la explotación del Tajo Naopa se proyectaron los movimientos de material para la extracción de carbonatos de manganeso ($MnCO_3$) y la remoción de material estéril, con una relación de descapote promedio de 1:4, considerando la capacidad instalada de los equipos, así como las necesidades de producción. Se extraen 7,500 t/d o 200,000 t/mes, de las cuales 150,000 toneladas es mineral.

El banqueo descendente se realiza mediante bancos de 10 m de altura, con un ángulo particular final de 70°, mientras que los taludes de trabajo poseen un ángulo de 50°. Los cálculos de ángulo final del tajo están basados en estudios cartográficos, estructurales, sísmicos, de mecánica de rocas y análisis de estabilidad.

Se mantiene un frente de trabajo de 10 m de altura para el material estéril, y de 5 m de altura para bancos de mineral. Siempre que las condiciones lo permiten, cada dos bancos (2 m de altura) se deja una berma de seguridad de 6.5 metros de ancho en la pared de material rocoso. La operación en bancos de mineral se afecta cada 5 metros de altura, para obtener una selectividad del material de mena.

Al llegar el tajo a su límite operativo se dejará una berma de seguridad de cuatro (4) metros en cada banco y una de ocho (8) metros cada 6 bancos (60 m).

El plan de producción del tajo está diseñado bajo en Software especializado, mediante diez (10) fases o etapas de minado en un periodo de 13 años continuos de producción, con una ley de corte de 16 % de Mn. Sin embargo, se ha determinado que este periodo puede ampliarse hasta el 2054, considerando fases adicionales, como se muestra en el Programa de Trabajo.

Para tener circulación en ambos sentidos, la rampa principal de acarreo tiene un ancho de 3.5 veces el tamaño del equipo más grande que circula por la vía. Además, se dispone de los elementos de seguridad necesarios para su correcta operación. Este camino se conforma de manera continua sobre el contorno de los límites del tajo, de modo que a medida que se profundiza la explotación, el camino se desarrolla para llegar al fondo del tajo (Figura II.117).

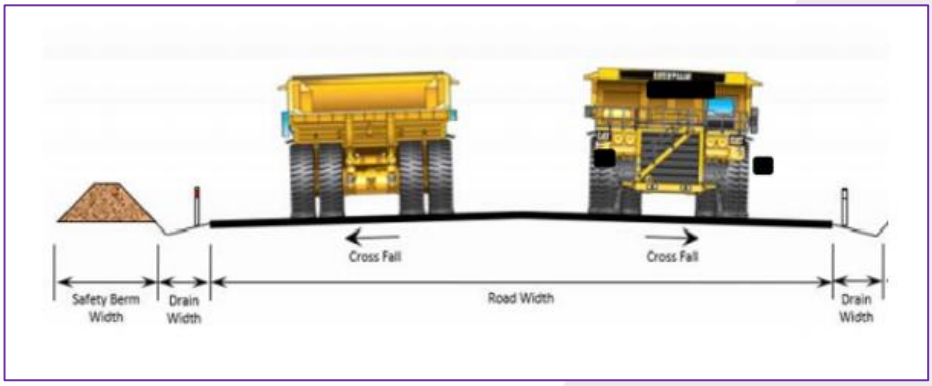



*Figura II.117. Rampa de acarreo – Tajo Naopa*

Todos los caminos de operación y de servicio sirven para acceder a las diferentes áreas del tajo y han sido construidos de acuerdo con los criterios de diseño pertinentes, conservando en promedio 18 m ancho y pendiente promedio de 10 %.

Para la explotación del yacimiento y asegurar el flujo continuo de material a la siguiente etapa, es necesario utilizar una secuencia de minado, contando con las siguientes obras:

- Obras de acceso:
    - Rampa general a los bancos de explotación
    - Rampa general a tepetateras sur
    - Rampa general a tepetateras norte
    - Rampa general a tepetateras de arcillas
- Obras de desarrollo y extracción:
    - Apertura de bancos (niveles)
    - Excavaciones secuenciales para el banqueo descendente
    -

El ciclo de producción se ilustra en la Figura II.118.

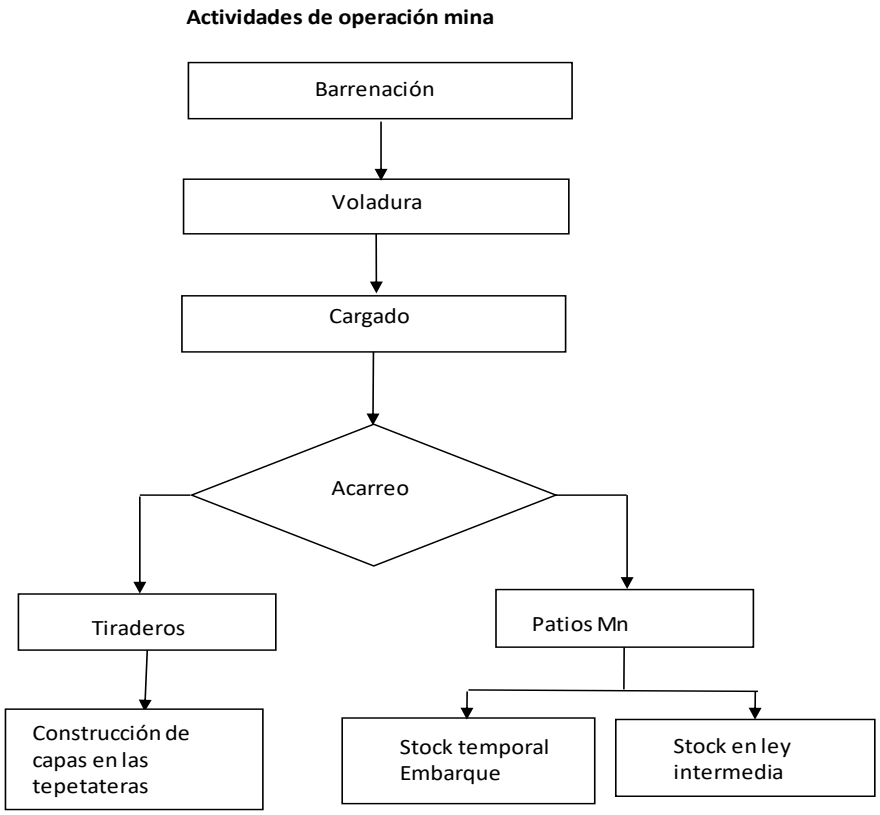



*Figura II.118. Ciclo de operación de la mina a cielo abierto – Unidad Naopa*

#### II.2.4.2.1. Descapote

Consiste en la remoción de la capa superficial de material estéril que cubre el depósito (tepetate), de manera que sea posible acceder al cuerpo mineralizado. En el Tajo Naopa, esta actividad inicia a partir de la curva de nivel ubicada a 1,340 msnm.

Cuando el terreno se encuentra cubierto por vegetación, es necesario realizar trabajos preparativos para retirar la cobertura y el suelo vegetal.

Conforme a las mejores prácticas ambientales, el suelo vegetal es conservado para su uso en las actividades de reforestación o cobertura de tepetateras. Éste es enriquecido con la materia vegetal triturada que se obtiene del desmonte.

#### II.2.4.2.2. Voladuras

El minado consiste en el desprendimiento de la roca mineralizada del cuerpo del depósito. En el caso particular del Tajo Naopa, se realiza mediante voladuras controladas con alto explosivo, bajo los lineamientos y especificaciones técnicas de seguridad, definidos en el Procedimiento Interno NAO-OPM-ET-02.

Las voladuras se planifican semanalmente conforme a las necesidades y plan de producción. Establecida la zona a minar, se delimita la zona de barrenación con trafitambos o conos de seguridad.

- **Barrenación**

Consiste en la perforación de barrenos de 3” hasta 10 5/8” de diámetro, por 12 m de longitud, que son utilizados para insertar el material explosivo, que fracturará la roca en dirección lateral al desarrollo de los bancos de explotación.

La perforación se realiza mediante equipo hidráulico, pudiendo emplear el método de barrenación a diamante o por circulación inversa.

En cualquiera de los métodos, la barrenación inicia cuando la superficie del sitio ya se encuentra nivelada y marcada conforme a las especificaciones topográficas. La plantilla de barrenación se realiza con un arreglo de tresbolillo con espaciamiento de 3 x 3 metros para mineral y de 3.5 x 4.5 metros para material estéril; y profundidad de 5 y 10 metros, respectivamente.

El número de barrenos por plantilla es variable, dependiendo del plan de producción específico para la zona de minado.

- **Cargado de barrenos**

Consiste en el llenado de los barrenos con explosivos y los artificios que iniciarán la detonación. Esta actividad se realiza manualmente. Cada barreno se carga con explosivos a base de nitrato de amonio en cantidad aproximada de 250 kg por barreno. Los retardadores de explosión se colocan de manera tal que se asegure una explosión secuenciada, previamente calculada.

El material explosivo se distribuye junto a cada barreno y comienza su cebado con alto explosivo. La carga cebada se introduce en cada barreno. Ya cebados los barrenos se procede a colocar el ANFO y el taco (grava) en cada uno (Figura II.119). Posteriormente se procede a la conexión para secuenciar la voladura.

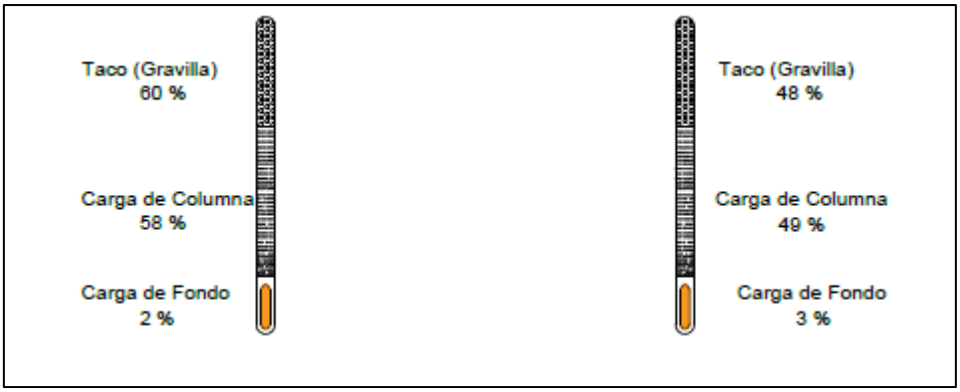



*Figura II.119. Esquema del cargado de barrenos en material estéril y mineral*

Durante el cargado de los barrenos se suspende toda actividad dentro del área y en un radio de al menos ocho metros. Sólo personal autorizado perfectamente capacitado puede estar en el área y siempre con el equipo de seguridad personal obligatorio.

- **Tumbe**

El tumbe es propiamente la detonación o voladura. Consiste en la detonación secuencial y controlada de las cargas explosivas para fragmentar el mineral y la roca encajonante (voladura). Como iniciadores de la detonación, se utilizan los artificios que se colocaron previamente durante la operación de cargado.

Con la finalidad de mantener un monitoreo constante en cada voladura que se realiza en el tajo, se utiliza un sismógrafo portátil que registra la intensidad de cada onda.

Antes del inicio de la voladura se suspende toda operación y actividad dentro del área del tajo. El personal operativo del tajo se ubica en retenes y puntos de control, y ya asegurado, se procede al toque continuo de la alarma durante un minuto.

Para el encendido de la voladura sólo permanecen en la zona el supervisor y un miembro de la cuadrilla de voladuras, mientras otro miembro espera en el vehículo de salida con el motor en marcha, mientras los otros hacen el procedimiento de encendido de la mecha. Posteriormente, el Oficial de Procesos C efectúa el encendido de la mecha de seguridad y el supervisor y el personal de voladuras se retiran a una zona segura, a no menos de 250 metros.

Una vez realizada la detonación, se procede a la revisión en el vehículo de supervisión, dando aviso por radio que el evento de voladura ha terminado.

- **Rezagado y transferencia**

Consiste en la remoción del mineral y del material rocoso estéril de los bancos de trabajo. Se realiza mediante la carga, transferencia y descarga del material, por medio de palas y cargadores frontales hidráulicos de hasta 30 metros cúbicos de capacidad.

- **Acarreo**

Se denomina acarreo al transporte del material minado, mediante los camiones de capacidad de 42 $m^3$ o 65 toneladas, desde los bancos situados en el interior del tajo, hasta el punto de alimentación a los camiones de acarreo, ya sea que vayan a las tepetateras, o bien, a patios de mineral o al depósito de mineral (stock pile) de mineral ubicados en la Zona de Molango.

El acarreo largo, que se realiza desde el tajo hasta la Unidad Molango, es de 35 a 40 km. Ese material es depositado en los vaciaderos 3 y 4 de dicha unidad.

De acuerdo con los procedimientos y estándares de trabajo en el Tajo Naopa (NAO-OPM-ET-05), la conducción de los camiones de acarreo en rampas internas se realiza por el lado izquierdo, a una velocidad máxima de 35 km/h en vacío y 25 km/h con carga.

Previamente al vaciado del mineral en el stock pile de la Unidad Molango, el mineral es humedecido para mitigar las emisiones a la atmósfera.

- **Desagüe del tajo**

El desagüe se realiza con bomba centrífuga y es dirigida a presas sedimentadoras, en donde el agua descarga su mayor contenido de finos; posteriormente el agua clarificada se conduce a un cauce natural. Además, se cuenta con un canal perimetral al tajo que desvía el agua pluvial hacia escurrimientos naturales.

### II.2.4.3. Exploración

En la etapa operativa, las actividades de exploración consisten en la barrenación a diamante o por circulación inversa, desde superficie o en el interior de la mina subterránea. Antes de iniciar el barreno se revisa que el rumbo de orientación de la barrenadora y la inclinación del mástil de barrenación sean los correctos (Figura II.120).

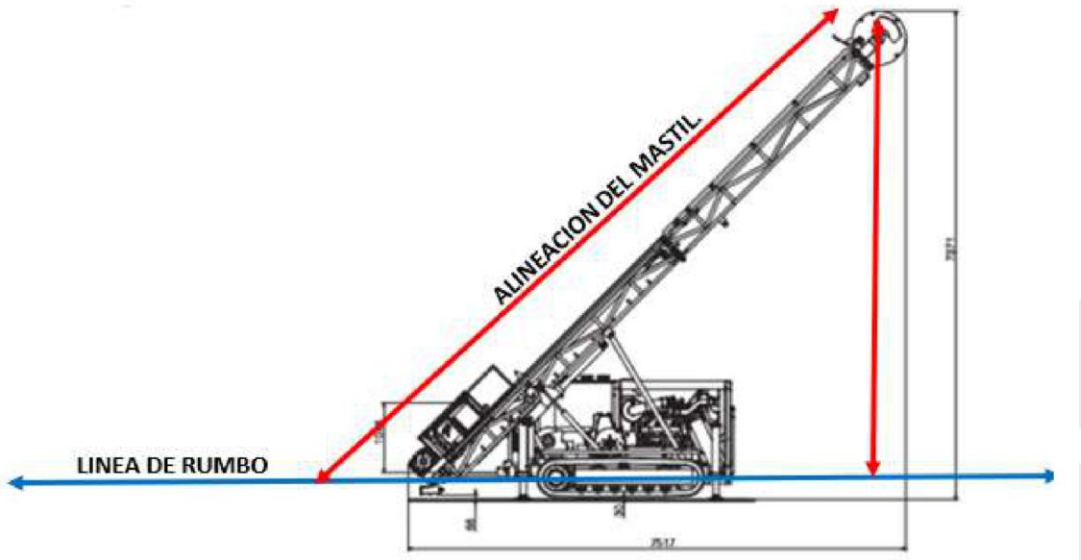



*Figura II.120. Esquema del cargado de barrenos en material estéril y mineral*

#### II.2.4.3.1. Barrenación en interior de mina

Las planillas de barrenación en el interior de la mina tendrán dimensiones estándar de 90 $m^2$, atendiendo a las dimensiones que se indican en la Figura II.121.

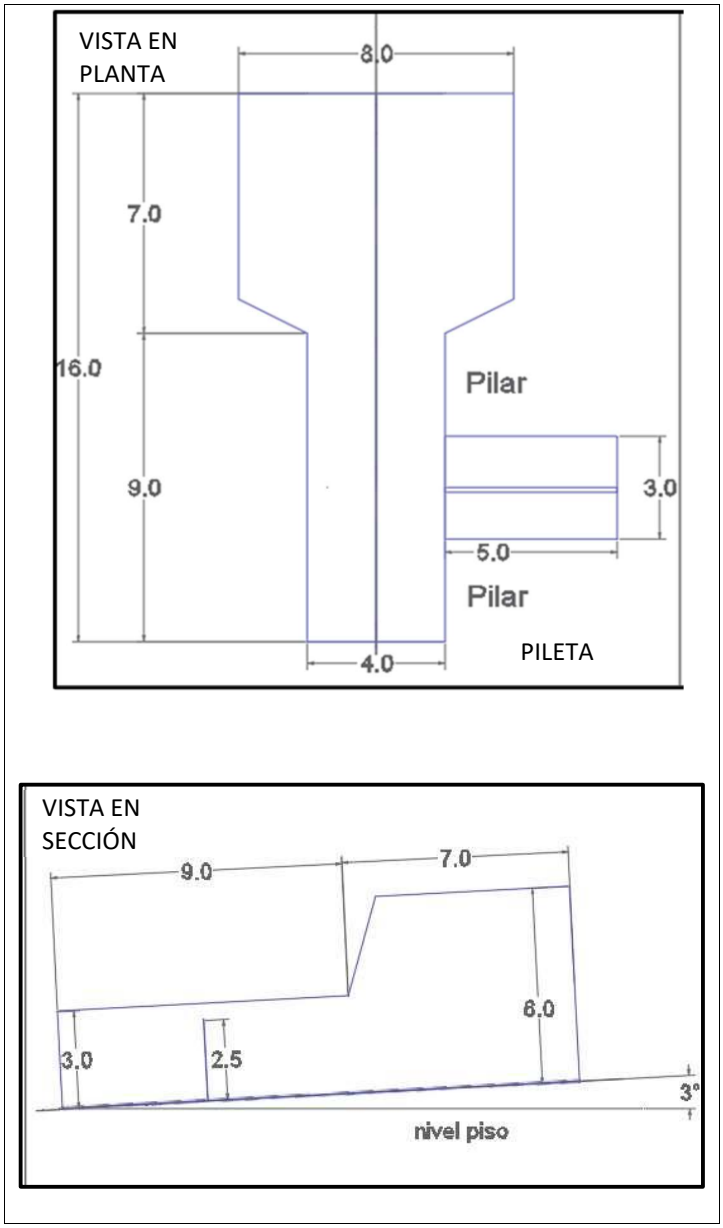



*Figura II.121. Dimensiones de planillas de barrenación en interior de mina*

En la Figura II.122 se muestra de manera gráfica la distribución y acomodo del equipo de barrenación en interior de mina, así como las herramientas e insumos utilizados en el proceso.

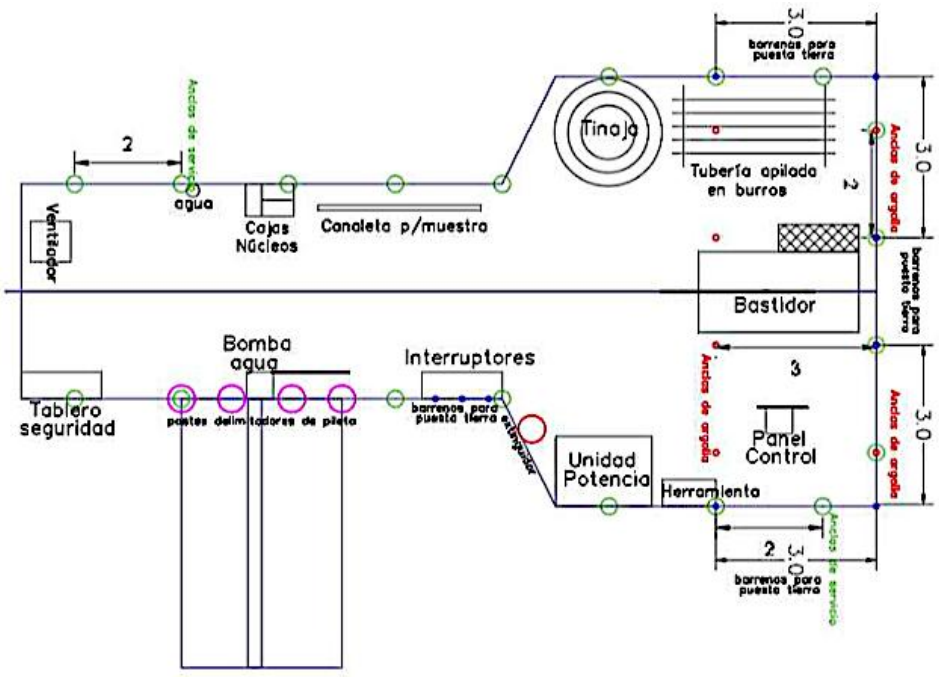



*Figura II.122. Distribución de equipo en la planilla de barrenación al interior de mina*

Las particularidades del proceso de barrenación atenderán a los procedimientos establecidos en el *Estándar para Plaza de Barrenación en Mina Subterránea MIN-EXP-ET-21* con que cuenta la empresa.

Una vez extraída la muestra geológica (núcleo o material particulado) se establece un seguimiento de custodia para su análisis y resguardo.

#### II.2.4.3.2. Barrenación en superficie

Para la barrenación en superficie se utilizarán planillas estándar de 6 m de ancho por 12 m de largo, lo que da una superficie de 72 $m^2$ por plaza.

Las particularidades del proceso de barrenación atenderán a los procedimientos establecidos en el *Protocolo de Barrenación a Diamante en Superficie MIN-EXP-ET-04* con que cuenta la empresa.

### II.2.4.4. Evaluación Geológica

La evaluación geológica de sitios particulares de interés sobre el yacimiento de manganeso es una actividad esencial para la generación de información que contribuya a la planeación eficiente y la continuidad de las actividades de explotación mineral.

A diferencia de la exploración convencional, el estudio geológico que pretende realizarse se orienta a la delimitación y cuantificación de las vetas minerales que presentan potencial para la extracción de óxidos de manganeso, considerando factores como la geología, la estructura, la litología, la mineralización y la calidad del mineral. Los resultados de este estudio serán fundamentales para la toma de decisiones informadas, respecto a la continuación de la actividad minera de los polígonos o bien el cierre y restauración.

Estas actividades de evaluación geológica se encuentran proyectadas para desarrollarse en un periodo de 38 años.

Las áreas de evaluación geológica consideradas corresponden a 16 polígonos, 15 de ellos distribuidos en la Unidad Nonoalco y tres en la Unidad Molango (Tabla II.65).

*Tabla II.65. Áreas de Evaluación Geológica por unidad*

| ID Área | Nombre del área | Superficie (ha) |
|---|---|---|
| **Unidad Molango** | | |
| 4.1 | Área de Evaluación Geológica Zona 300 | 8.6042 |
| 4.3 | Área de Evaluación Geológica Crisolco 1 | 32.7751 |
| 4.4 | Área de Evaluación Geológica Crisolco 2 | 7.5389 |
| | **Subtotal** | **48.9182** |
| **Unidad Nonoalco** | | |
| 6.A.51 | Área de Evaluación Geológica Jalamelco | 3.3078 |
| 6.B.52 | Área de Evaluación Geológica El Lucero | 2.0320 |
| 6.C.53 | Área de Evaluación Geológica Ocotitla | 0.5680 |
| 6.D.54 | Área de Evaluación Geológica Yatitla | 2.3074 |
| 6.E.55 | Área de Evaluación Geológica Mina La Colmena | 17.6046 |
| 6.F.56 | Área de Evaluación Geológica Mina Vieja | 3.7703 |
| 6,G.57 | Área de Evaluación Geológica Ocote Tierno | 3.0294 |
| 6.H.58 | Área de Evaluación Geológica Malila 1 | 1.0929 |
| 6.I.59 | Área de Evaluación Geológica Cajón Malila | 0.5543 |
| 6.J.60 | Área de Evaluación Geológica Presas Malila 3 | 0.1270 |
| 5.K.61 | Área de Evaluación Geológica Presas Malila 2 | 1.8442 |
| 6.L.62 | Área de Evaluación Geológica Proyecto Júpiter | 5.5558 |
| 6.M.63 | Área de Evaluación Geológica Tepeolo | 13.4497 |
| 6.Ñ.65 | Área de Evaluación Geológica Propiedad Privada | 2.9462 |
| 6.O.66 | Área de Evaluación Geológica Sur de la Chorrera | 1.1339 |
| | **Subtotal** | **59.3235** |
| | **Total** | **108.2417** |

La evaluación geológica por desarrollar considera varias etapas clave:

- **Reconocimiento Geológico**

  Se realiza una primera inspección del área para identificar estructuras geológicas favorables, tipos de roca, alteraciones minerales y posibles indicios de mineralización.

- **Cartografía Geológica**

  Se elabora un mapa detallado de la zona, registrando la distribución de unidades geológicas, fallas, pliegues y otras estructuras que pueden influir en la mineralización.

- **Muestreo y Análisis Geoquímico**

  Se recolectan muestras de rocas, suelos y sedimentos para análisis de laboratorio, determinando la presencia y concentración de minerales económicamente importantes.

- **Geofísica Aplicada**

  Se utilizan métodos geofísicos como magnetometría, gravimetría, polarización inducida y sísmica para detectar anomalías en el subsuelo que puedan indicar cuerpos mineralizados.

- **Perforación Exploratoria**

  Se perforan barrenos en zonas con alta probabilidad de mineralización para obtener muestras del subsuelo y analizar su contenido mineral.

- **Modelado del Yacimiento**

  Con los datos obtenidos, se elabora un modelo tridimensional del depósito mineral, estimando su volumen, ley de mineralización y características estructurales.

- **Evaluación de Reservas y Recursos**

  Se clasifican los recursos minerales en categorías según su grado de certeza (medidos, indicados o inferidos) y se estiman las reservas mineras explotables.

- **Análisis de Viabilidad Económica y Ambiental**

  Se determina si la explotación del yacimiento es económicamente viable, considerando factores como costos de extracción, procesamiento, mercado, impacto ambiental y normativas vigentes.

### II.2.4.5. Trituración

Todo el material extraído, tanto en el Tajo Naopa, como en la mina subterránea, es sometido al proceso de trituración en la Unidad Molango, con la salvedad de que el material que procede de la mina Coyoles es triturado en el interior de la mina mediante una **Trituradora Primaria Subterránea**, que reduce el mineral a 4" o menos, antes de ser extraído por acarreo, en camiones de 25 a 30 toneladas.

En la Unidad Molango, conforme al plan operativo, el mineral de baja ley y mediana ley es mezclado para lograr una ley homogénea. El material mezclado del stock pile se transporta, mediante un cargador, al área de trituración primaria, en donde es reducido a 6" mediante una **Trituradora primaria superficial**, de quijadas, con capacidad de 300 toneladas por hora, y localizada en el área de vaciaderos y junto al contrapozo.

De la trituradora primaria, que opera con una criba de circulación continua, el mineral triturado cae por gravedad a una tolva (Tolva # 1) de 400 toneladas, y mediante bandas se conduce a la trituración secundaria.

La trituración secundaria se realiza en la planta de beneficio, en donde el mineral de 6'' procedente de la trituración primaria, es alimentado a una tolva de regulación con capacidad de 300 toneladas. La tolva descarga en un alimentador vibratorio que, controlando el ritmo de alimentación, alimenta a una quebradora de quijadas, en donde el mineral se reduce a 2'' y descarga a una serie de bandas transportadoras.

El mineral en las bandas transportadoras, procedente de la trituración secundaria, pasa entonces a la **trituración terciaria**, que se realiza mediante una criba vibratoria, con tras camas de malla. El producto que pasa por la malla superior es retenido por la malla intermedia y conducido a la banda transportadora TB-4, que lo deposita en una de dos tolvas metálicas de 200 toneladas.

Una de las tolvas almacena producto (Carbonato de Manganeso) con granulometría de 2 a 1 ¼ %, el cual se comercializa en ese estado.

El resto del mineral continúa el proceso de trituración y se traslada a una quebradora de hidrocono, que lo tritura a una granulometría de ½ y ¾ de pulgada. Este mineral pasa a otras dos bandas transportadoras de recirculación y completan el circuito de trituración. El mineral obtenido se conduce a su vez a un chute (clasificador) y se apile en el stock pile de mineral triturado.

A diferencia del stock pile de gruesos, el stock pile de mineral triturado se encuentra bajo techo de lámina galvanizada. En esta área se almacena parte del mineral en tolvas con ayuda de un cargador frontal. Además, el techo posee un cono invertido al centro, que permite la caída de material, de donde se conduce por medio de bandas transportadoras dosificadoras a una segunda área de tolvas.

La segunda área de tolvas está construida en una edificación de concreto, con techo del mismo material y con respiradores superiores. Esta edificación alberga dos tolvas con capacidad de almacenamiento de 900 toneladas cada una.

En la Figura II.123 se ilustra el equipamiento empleado en la fase de trituración.



Trituradora de quijada primaria superficial



Criba de 4" del contrapozo



Alimentador vibratorio



Banda transportadora No. 1



Banda transportadora No. 2



Tolva



Quebradora

*Figura II.123. Equipamiento de trituración - Unidad Molango*

### II.2.4.6. Preconcentración y selección

El mineral, principalmente el proveniente de Mina Coyoles, puede venir contaminado con concreto usado en el reforzamiento de la obra subterránea, así como con pirita, sílice, cal, alúmina, fierro, etc. Para depurar las impurezas el material pasa por un proceso de **preconcentración**, que da como resultado un mineral limpio de contaminantes que mejora los requisitos de calidad del manganeso y la relación de Mn-Fe.

El mineral se descarga en una banda transportadora de 60" de ancho que pasa por el **Seleccionador Stainert** (Figura II.124), consistente de un equipo de preconcentración opera a través de la detección de mineral de interés (Mn) por medio de rayos láser y la difracción de rayos X de baja emisión. Posteriormente se realiza una separación con aire a presión. Algunos de los beneficios de este proceso es eliminar la dilución en carbonatos y mejorar la relación de Mn-Fe del nódulo, dando como resultado una mayor selectividad de carga para mezclas en el horno. Esta tecnología permite minimizar la generación de gases y polvos de proceso, ya que se alimentan minerales más puros que contienen menor contenido de azufre; en consecuencia, se tienen emisiones bajas en dióxido de azufre ($SO_2$), al tener menor tiempo de calcinación.

Se cuenta con dos seleccionadores Stainert que trabajan bajo el mismo principio solo que uno separa el material a un tamaño ≤3" y el otro a ≤ 2".




*Figura II.124. Seleccionador Stainert - Unidad Molango*

El mineral seleccionado se almacena en un Galerón de Crudos, donde hay tres lotes de producción de hasta 3,500 ton de mineral ≤1". El mineral de los lotes es homogéneo gracias a que la banda que los va formando descarga alternadamente en cada uno de norte a sur y de sur a norte.

Se toman muestras del carbonato de manganeso de los diferentes lotes para mandar a analizar de acuerdo con las necesidades de cada cliente.

Posteriormente se descarga y almacena a granel y a cielo abierto en el almacén de mineral húmedo (Figura II.125).



*Figura II.125. Galerón de crudos (mineral seleccionado) – Unidad Molango*

### II.2.4.7. Nodulización

Del área de preconcentración el mineral pasa al **horno de nodulización**. Se trata de un horno rotatorio horizontal, cilíndrico y metálico, con una inclinación de sur a norte de $4.17^0$. Posee 375 pies de longitud (114.3 metros); su diámetro varía, siendo de 16.5 pies de diámetro (5.03 metros) en la sección de nodulización y secado, y de 20.5 pies (6.25 metros) en la sección de **calcinación**.

El horno de nodulización trabaja con gas natural y se opera a temperaturas de 500 a 600 °C, para precalentamiento, 600 a 1,137 °C para calcinación y 1,250 a 1.350 °C para nodulización. El consumo anual de gas para la operación es de 55 $Mm^3$.

El calor se inyecta en el área llamada piso de fuego, situada en la parte norte del horno. Los gases que se generan durante la calcinación del mineral son extraídos mediante un motor de tiro inducido, para luego pasar al colector de polvos.

Los nódulos de manganeso generados en el horno salen a temperatura de 1,000 °C, de manera que pasan a un **área de enfriamiento**. El proceso de enfriamiento se realiza usando aire como medio de intercambio de calor.

En esta área el mineral se coloca en una parrilla reciprocante de placas rectangulares, con barreos de 3/8, por donde se hace circular aire para el enfriamiento, mediante ventiladores centrífugos de tiro, que inyectan el aire atmosférico por la parte inferior de las parrillas. Los nódulos salen del enfriador con una temperatura de 200 a 300 °C.

Este enfriador está dividido en dos secciones, la sección superior llamada cámara caliente, y la sección inferior llamada cámara fría. El aire pasa entre placas a la cama de nódulos como un aire precalentado, que es extraído por dos ventiladores, uno que va a los quemadores del horno como aire primario para la combustión del gas natural, y el otro envía el aire en exceso a la atmosfera a través de una chimenea de 27 m de altura.

El arranque y paro de los motores se realiza desde el cuarto de control, que también monitorea la temperatura, la presión y otros parámetros.

Los nódulos obtenidos tienen tamaño de 4" a 4 ¼" y son almacenados en un **Stock de Nódulos** con capacidad de 20,000 ton. Normalmente se embarca y se entrega al cliente un tonelaje similar al que se produce.

Los finos de los nódulos son recuperados por otro colector de polvos y se comercializan.

El mantenimiento del horno se realiza dos veces al año. Para ello el horno entra en paro durante tres días.

La capacidad de procesamiento (nodulización) es de 120 toneladas de mineral húmedo por hora. Cada día se procesan en promedio 2,700 toneladas de carbonato de manganeso y se generan 1,550 toneladas de nódulos de manganeso. La tasa de recuperación es del 55 %, el resto corresponde a gases e impurezas.

Las impurezas del procesamiento (colas) son recolectadas y enviadas a la Planta de Tamos Ferroaleaciones en el estado de Veracruz.

### II.2.4.8. Colector de polvo (Casa de Sacos)

El manejo de las emisiones resultantes del proceso de combustión y calcinación se realiza mediante un colector de polvo o **Casa de Sacos**. En esta instalación, los gases, que salen del horno a temperatura de 290 a 350 °C, pasan por un enfriador de aire forzado. El enfriador está conformado por módulos de tubos radiantes de 4 '' de diámetro, arreglados en diez secciones, y ventiladores axiales que poseen un sistema de arranque y paro automático de acuerdo con la temperatura de entrada de los gases.

Cuando los gases alcanzan la temperatura de 220 a 250° entran al **colector de polvos** (Figura II.126). Este equipamiento funciona mediante la inyección de aire reverso y está conformado por diez secciones, cada una de las cuales cuenta con 180 bolsas de 12" de diámetro y 30 ft de altura, de manera que los gases cargados de polvo son filtrados. El polvo es colectado en tolvas, de cada sección y desalojado con válvulas rotatorias y transportadores de gusano a un cuarto de receptor de polvos, donde son espreados para poder ser retirados con un cargador frontal y enviado a los patios de almacenamiento de subproducto de polvo. El espreado se usa como medida de mitigación de emisión de partículas. Los gases libres de polvo salen del colector y son conducidos a la chimenea principal del horno.



*Figura II.126. Colector de polvo del enfriador de nódulos - Unidad Molango*

El polvo retirado del colector se almacena en tolvas existentes en cada una de las diez secciones. Cuando la tolva se llena, los polvos se retiran mediante válvulas rotatorias y transportadores de gusano hacia un cuarto receptor de polvos, en donde son espreados para mitigar la liberación de partículas. Posteriormente los polvos se retiran con un cargador frontal y se transportan a los **patios de almacenamiento de polvos**.

Los gases libres de polvo salen del colector y son conducidos a la chimenea principal del horno, para ser liberados a la atmosfera. Esta chimenea tiene 76 m de altura a partir del nivel del piso. En ella se cuenta con un equipo de monitoreo continuo de Dióxido de Azufre ($SO_2$), a través del cual se evalúan las emisiones en tiempo real. Cada 30 días se entrega un reporte de los resultados del monitoreo a la Delegación de PROFEPA y Delegación de SEMARNAT en Hidalgo.

El polvo atrapado en las bolsas forma una capa o torta. Periódicamente esta torta en las bolsas se retira de forma automática, al ser sacudidas por el ingreso de aire reverso en la etapa de limpieza de cada sección.

De igual manera, regularmente se realizan pruebas a las bolsas con Visolite, para determinar su integridad de las bolsas y detectar fugas. En caso necesario las bolsas se reponen inmediatamente para una operación eficiente del colector de polvos.

### II.2.4.9. Depósito de tepetate

El material estéril de baja ley que se obtiene del descapote del cuerpo mineralizado (tepetate), se deposita en apilamientos próximos al área de explotación (tepetateras).

En el área del proyecto existen varias áreas que se utilizaron en el pasado para el depósito de tepetate, procedente de áreas de explotación ya fuera de operaciones. Muchas de estas áreas cuentan ya con cobertura vegetal, establecida de manera natural en algunos casos, y resultado de programas de reforestación ejecutados por la

compañía. En algunos de los depósitos próximos a la mina subterránea, el tepetate se utiliza para el relleno de los túneles de explotación.

En la actualidad se cuenta con seis tepetateras operativas, cuatro en la Unidad Molango que reciben tepetate del minado subterráneo, y dos en la Unidad Naopa que reciben tepetate del tajo. Además, con la autorización de esta Manifestación de Impacto Ambiental, se espera desarrollar la Tepetatera Guadalupe en la Unidad Naopa (Tabla II.66).

*Tabla II.66. Tepetateras del Proyecto DMA*

| ID Área | Nombre del área | Etapa | Superficie (ha) |
|---|---|---|---|
| **UNIDAD MOLANGO** | | | |
| 1.4 | Tiradero - Vaciadero 4 (Tepetatera 4) | Operación | 0.7195 |
| 1.5 | Tiradero - Vaciadero 3 (Tepetatera 3) | Operación | 7.8464 |
| 1.6 | Tiradero - Vaciadero 1 (Tepetatera 1) | Operación | 19.9000 |
| 1.7 | Tiradero - Vaciadero 5 (Tepetatera 5) | Operación | 1.1115 |
| | | **Subtotal** | **29.5774** |
| **UNIDAD NAOPA** | | | |
| 5.2 | Tepetatera Guadalupe | Obra | 57.1953 |
| 5.3 | Tepetatera Norte | Operación | 10.1245 |
| 5.4 | Tepetatera Sur | Operación | 70.7524 |
| | | **Subtotal operativo** | **110.4543** |
| | | **Total operativo** | **140.0317** |
| | | **Total con la nueva Tepetatera Guadalupe** | **197.2270** |

Estos depósitos se han diseñado atendiendo a parámetros que aseguran su estabilidad. Además, como ya fue indicado con anterioridad, la caracterización geoquímica del tepetate indica que no es peligroso, ni generador de ácido, por lo que su depósito en el sitio no acarrea riesgos de contaminación del suelo o el acuífero.

Además del diseño geométrico, la estabilidad de las tepetateras se complementa con obras de conducción, de modo que los escurrimientos pluviales en el sitio son conducidos hacia drenes naturales sin promover la erosión del suelo- También incorporan obras de sedimentación, que previenen el aporte excesivo de sedimentos a los arroyos.

El depósito del tepetate se realiza con el método de “vertido por gravedad”, que consiste en verter el material desde los camiones de acarreo hacia la superficie de la tepetatera, para que se compacte por su propio peso.

En estas labores la empresa mantiene una supervisión constante, asegurándose que el ángulo de reposo guarde, en la medida de lo posible, una la relación de 2:1 en los taludes o en un rango de (22°-36°) que son ideales para mantener un factor de seguridad en la etapa de cierre, siempre y cuando el terreno y las pendientes naturales lo permitan.

El material se deposita de forma planificada y de acuerdo con sus características mineralógicas, manteniendo ángulos de reposo de 25-45° en el talud particular y 40- 50° en el final, hasta formar bancos de 10 a metros de altura, separados entre sí por una berma de cuatro metros de ancho.

El acceso al depósito se efectúa por medio de rampas de 30 metros de ancho y pendiente general de 10 %, que se construyen conforme avanza el depósito en altura y amplitud de los diferentes bancos.

El acarreo corto del tepetate (Tajo-Tepetateras) se realiza con camiones fuera de carretera de 65 toneladas. El flujo vehicular es controlado mediante un sistema de cómputo que define la ruta de traslado, a modo de asegurar el crecimiento de los depósitos conforme a la planificación.

Como parte de los controles operativos, en torno a las tepetateras se tienen cunetas de desvío perimetral, que dirigen el escurrimiento pluvial al drenaje natural. Cada año, antes de la temporada de lluvias, se ejecutan trabajos

en la Unidad Naopa para el desvío y control de escurrimiento dentro de sus operaciones, evitando la erosión de los taludes así como la entrada de agua pluvial y deslizamiento de material.

Así también, para mitigar el aporte de sedimentos a las escorrentías, aguas abajo de las tepetateras hay sedimentadores.

Cada tepetatera cuenta con un programa de reforestación.

En la conformación de las tepetateras la empresa emplea las mejores prácticas de manejo, para limitar la erosión y reducir los sedimentos en los escurrimientos de precipitación de las tepetateras, desde su conformación, durante las operaciones y las etapas iniciales de cierre.

Las mejores prácticas de manejo que se usan durante la conformación y la operación para reducir al mínimo la erosión y controlar los escurrimientos de sedimentos incluyen:

- Medidas de estabilización de la superficie – compactación, control de polvo, revegetación y colocación de medios para el crecimiento de plantas.
- Medidas de control y canalización de escurrimientos – canales de ingeniería, desviación de escurrimientos;
- Trampas y barreras contra sedimentos – estructuras para la estabilización del nivel, cuencas para detener sedimentos, cerca de sedimentos/limo, y barreras y trampas de sedimentos.

Algunas imágenes de las tepetateras de la Unidad Naopa se ilustran en la Figura II.127.



Tepetateras en la Unidad Naopa



Reforestación en tepetatera

*Figura II.127. Tepetateras operativas en la Unidad Naopa*

## II.2.4.10. Producción de Manganeso grado batería, cerámico y alimenticio

La producción de manganeso grado batería, cerámico y alimenticio se realiza en la **Planta Concentradora** de la Unidad Nonoalco. La capacidad instalada de la planta permite producir hasta 35,000 toneladas de estos productos (Tabla II.67).

*Tabla II.67. Capacidad instalada de la Planta de Beneficio de la Unidad Nonoalco*

| Producto | Capacidad instalada |
|---|---|
| Bióxido de manganeso grado batería $MnO_2$ (N-65P /N-60P) | 10,000 t |
| Bióxido de manganeso grado cerámico $MnO_2$ (N-45P) | 15,000 t |
| Bióxido de manganeso grado alimenticio MnO (ML-60P) | 10,000 t |

Las diferentes plantas de procesamiento y los procesos involucrados en la producción del manganeso grado batería, cerámico y alimenticio, se exponen a continuación.

### II.2.4.10.1. Planta Concentradora

A continuación, se describe el proceso de la Planta Concentradora.

#### Alimentación de Mineral

El mineral de manganeso natural, que es extraído de la mina con una ley entre 15 % y 54 % de Bióxido de Manganeso, se recibe en una tolva de recepción con capacidad de 120 toneladas. La tolva está equipada con un sistema de alimentación compuesto por transportadores de banda, de alta capacidad (50 T/h), que transportan el mineral hacia el área de cribado.

Las tolvas de recepción están diseñadas con una banda de acero inoxidable de <1000 mm de ancho, capaz de soportar materiales abrasivos sin sufrir desgaste prematuro.

#### Trituración

Desde la tolva, el mineral se transfiere a una quebradora de barras con capacidad de 40 t/h (toneladas por hora) por medio de una banda transportadora, donde se realiza la trituración inicial para reducir el tamaño del material alimentado hasta alcanzar un tamaño de #3/8.

#### Cribado

Una vez que el mineral ha sido triturado, pasa a una criba vibratoria de igual capacidad (40 t/h), que separa las partículas utilizando una malla de #3/8. Las partículas de tamaño inferior a #3/8 continúan con el siguiente paso del proceso, mientras que las partículas superiores a #3/8 se recirculan mediante una banda transportadora hacia la quebradora de barras nuevamente.

La criba vibratoria está montada sobre una estructura metálica de acero y funciona con un motor de vibración con frecuencia ajustable, lo que permite modificar la amplitud de las vibraciones y, por lo tanto, el tamaño de las partículas que se separan.

Los materiales más grandes que no pasaron por la criba son transportados a una trituradora de mandíbulas, equipada con un motor eléctrico de 75 kW y un sistema hidráulico de ajuste para regular la abertura de la trituradora, permitiendo una mayor eficiencia en el proceso.

El sistema de trituración primaria está montado sobre una estructura metálica reforzada y utiliza un sistema con una banda transportadora de <1000 mm de ancho, que devuelve el material no procesado a la trituradora para una reducción adicional del tamaño.

### Clasificación

El mineral proveniente de la criba con un tamaño inferior a la #3/8, se envía a los clasificadores helicoidales 1, 2 y 3, (Jigs Remer), en donde se separa y redirige en función del tamaño de las partículas. El mineral con tamaño entre +#60 y -#3/8 se envía a los Jigs Remer 1 y 3, que aprovechan la diferencia de densidad para concentrar el mineral.

#### Jig Remer 1

- Tiene una capacidad de 20 toneladas por hora.
- Los concentrados con una densidad superior a 3.2 g/l se envían al clasificador 4 y luego a la tolva de concentrados de grado batería (GB), que tiene una capacidad de 20 toneladas, para posteriormente acopiarse en el Patio 7 o patio de concentrados.
- Los materiales con densidad inferior a 3.2 g/l son dirigidos al clasificador 5, el cual funciona bajo el mismo principio que los clasificadores anteriores.
- El material de +#60 proveniente del clasificador 5 se envía al Jig Remer 2, que funciona como un proceso agotativo del Jig Remer 1.

#### Jig Remer 2

- Tiene una capacidad de 20 toneladas por hora.
- Los concentrados con una densidad superior a 3.2g/l son enviados al clasificador 6 y de ahí pasan a la tolva de concentrados grado batería, que tiene una capacidad de 20 toneladas. Este material se almacena el Patio 7 o de concentrados.
- Los minerales con densidad menor de 3.2 g/l son enviados como grado cerámico al clasificador 7 y a la tolva con una capacidad de 20 toneladas. Este mineral sirve como materia prima para la Planta de Secado, Molido y Envasado.

#### Jig Remer 3

- Tiene una capacidad de 20 toneladas por hora.
- Los concentrados con una densidad arriba de 3.2 g/l son enviados al clasificador 8 y posteriormente a la tolva de concentrados grado batería que tiene una capacidad de 20 toneladas. El mineral resultante es almacenado en el Patio 7 o patio de concentrados.
- Los minerales por debajo de 3.2 g/l son enviados al clasificador 9, de donde pasa a la tolva de grado cerámico, con una capacidad de 20 toneladas, para su posterior uso en la Planta de Secado, Molido y Envasado.

Los minerales concentrados grado batería son depositados en el Patio 7.

Los minerales grado cerámico se depositan en los patios que se designen según su capacidad de estos (patios 2, 3, 4, 10 y 12).

El material con una granulometría de -#60, proveniente de los clasificadores 4, 5, 6, 7 y 9, se dirige a las lamas, las cuales son depositadas en el canalón para su recuperación final.

### Separación por hidrociclón

El 75 % del mineral a -#60 depositado en el canalón, es enviado a tres hidrociclones (D-15, D-10 y D-10) mediante una bomba centrífuga que cuenta con capacidad de 150 gal/min para cada hidrociclón. Estos hidrociclones separan el mineral según su densidad de pulpa:

- El mineral con una densidad de pulpa entre 1.2 g/l y 1.9 g/l se dirige a la tolva de concentrados de grado cerámico, y posteriormente es trasladado a alguno de los patios 2, 3, 4, 10 o 12.

- El mineral con una densidad de pulpa entre 1.0 g/l y 1.2 g/l se envía al tanque asentador, que tiene una capacidad de 1357 m³.
- El material del tanque asentador es bombeado mediante una bomba centrífuga con capacidad de 200 gal/min hacia el depósito de lodos.

Adicionalmente, el material proveniente del Clasificador 1 se envía a un hidrociclón D-15. En este caso, el mineral con una densidad de pulpa entre 1.2 g/l y 1.9 g/l, también se dirige a la tolva de concentrados grado cerámico y el mineral con una densidad de pulpa entre 1.0 g/l y 1.2 g/l se envía al tanque asentador.

### Mesas de concentración

Del Clasificador 1, la pulpa es enviada a un tanque balance con capacidad de 5 $m^3$ y posteriormente es trasladada a los distribuidores de las mesas de la Planta de Concentración, mediante una bomba con capacidad de 150 galones por minuto. La pulpa es distribuida de forma equitativa en cada una de las tres tablas que conforman las seis mesas; la capacidad de cada tabla es de 1.5 t/h.

En estas mesas el mineral es concentrado por la diferencia de densidades y requiere el suministro de 45 $m^3$/h de agua.

Los minerales con densidad de 3 a 3.2 g/l son considerados concentrados grado batería y son acopiados en el Patio 7 o de concertados.

Los concentrados con densidades menores a 3 g/l son considerados grado cerámico y son llevados a alguno de los patios 2, 3, 4, 10 o 12.

Los minerales con densidades bajas son enviados al Tanque Espesador como lamas y posteriormente pasan al depósito de jales.

### Tanque Espesador

El tanque espesador es una instalación clave en la planta para concentrar el mineral. Este tanque tiene un diámetro de 30 metros y una altura de < 4 metros, con un fondo cónico para facilitar la sedimentación de las partículas. El tanque está equipado con un agitador de alta eficiencia para mantener el mineral en suspensión y prevenir la acumulación de lodo.

La velocidad de sedimentación en el tanque espesador está optimizada para asegurar una buena separación del agua y los sólidos, manteniendo la consistencia de los lodos en un rango de entre 50 y 60 % de sólidos. El efluente clarificado se drena hacia unas pilas de decantación, mientras que el concentrado espesado se bombea a la siguiente fase de procesamiento o almacenamiento.

En todo el proceso el agua utilizada es, de inicio, suministrada por una bomba de 150 galones por minuto, que la envía desde el punto de aprovechamiento. Posteriormente la necesidad de agua del circuito es reemplazada por agua de reproceso del tanque asentador y de la presa de regulación, con lo cual se tiene un circuito cerrado de uso y aprovechamiento de agua.

En la Figura 128 se ilustra el diagrama del proceso descrito.

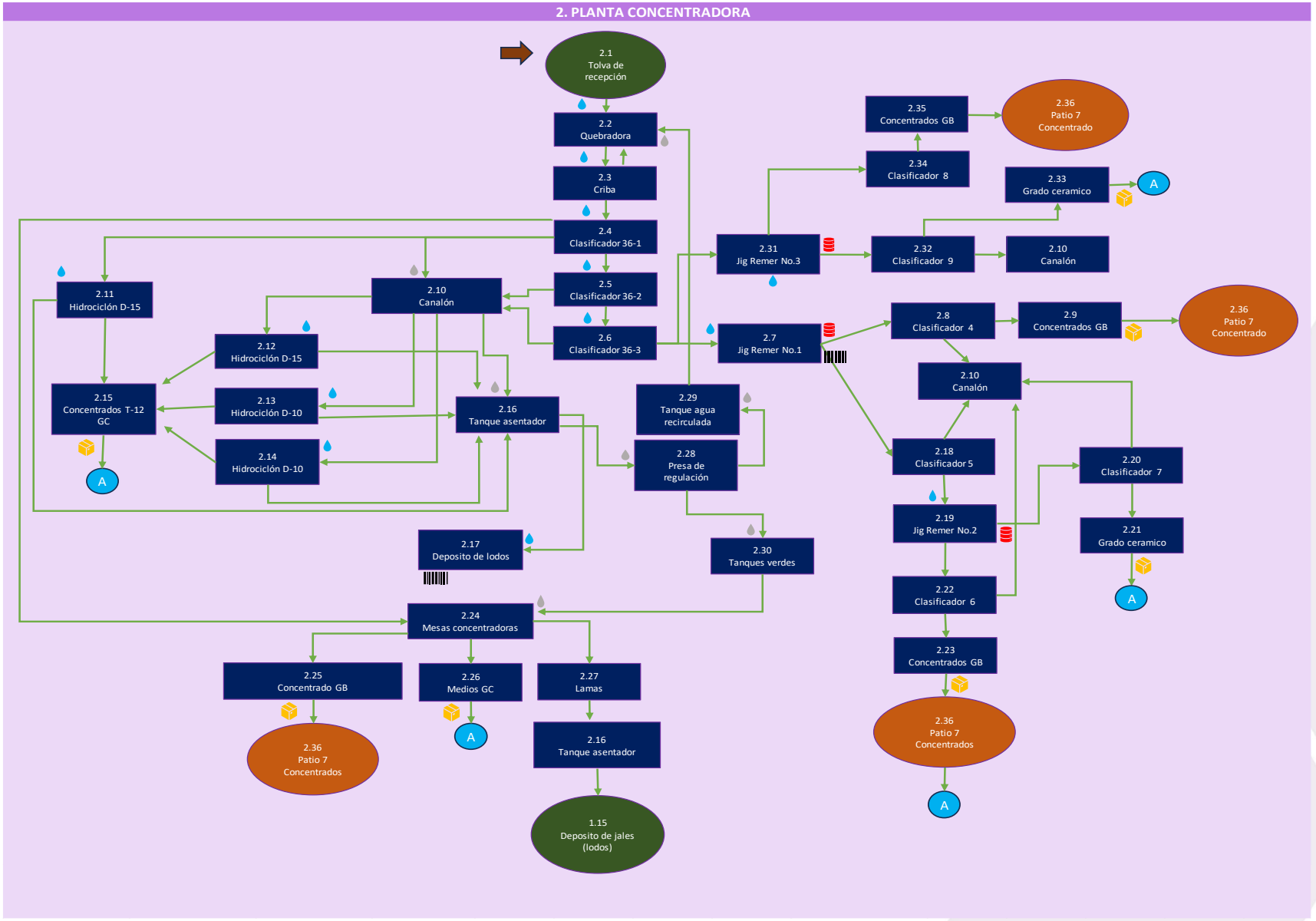



*Figura II.128. Diagrama de los procesos de la Planta Concentradora - Unidad Nonoalco*

### II.2.4.10.2. Planta de Secado, Molido y Envasado

La Planta de Secado, Molido y Envasado procesa el bióxido de manganeso natural obtenido en la Planta Concentradora. Dependiendo del grado de concentración que se obtiene, es utilizado como Grado Batería (60 y 65 % de $MnO_2$) y Grado Cerámico (45 % de $MnO_2$).

Las etapas que se desarrollan en esta planta son:

#### Alimentación

El mineral es trasladado de los patios 2, 3, 4, 10 o 12, hacia la tolva de recepción, mediante una banda transportadora que inicia el proceso con la alimentación del mineral a un **Horno Rotatorio.**

El horno tiene capacidad de hasta 5 t/h y de 3719.69 Mj/h; opera a una temperatura máxima de hasta 550 °C.

#### Secado

El objetivo de esta etapa es reducir el contenido de humedad hasta por debajo del 5 %, ya que dicho porcentaje es una especificación requerida por los clientes y esto se logra con temperaturas que pueden llegar hasta los 550°C.

Para esta etapa se cuenta con un medio de control de emisiones a la atmósfera, que consta de una **Casa de Sacos** tipo "Pulse-Jet", la cual tiene el objetivo de absorber los polvos y humos generados durante el secado y garantizar que no haya aportaciones a la atmósfera; esto es verificado mediante la ejecución de estudios Isocinéticos que se realizan de manera anual a estos puntos de control.

Adicionalmente a la Casa de Sacos, se cuenta con un **sistema de monitoreo de la temperatura**, el cual consta de termopares que permiten obtener datos reales del proceso y vigilar que no existan anomalías que pudieran generar emisión no controlada de contaminantes, dado que combustible utilizado es diésel. En caso de existir alguna anomalía, este sistema permite actuar y corregir de manera inmediata.

#### Molido

El material seco que se obtiene del horno es llevado a dos tolvas de secos, cada una con capacidad de 50 toneladas, en donde se almacenan temporalmente. Posteriormente este mineral es alimentado con transportadores helicoidales a un **molino de bolas** con capacidad de hasta 6 t/h, para reducir el tamaño de partícula de hasta un 90 % -325#.

Este molino de bolas cuenta con un sistema de enfriamiento con agua en los sellos mecánicos, tanto en la alimentación como en la descarga. El agua resultante de este proceso es derivada mediante un canal hasta el sistema de trampas de grasa, que ayuda a contener los posibles contaminantes, para finalmente ser dirigida a la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales.

El material molido es enviado mediante un **elevador de cangilones** a un clasificador neumático.

#### Clasificación

A la salida del elevador de cangilones, el material procesado llega a un **clasificador neumático**, mediante el cual se garantizar la granulometría requerida.

El material grueso o que no cumple con la granulometría es alimentado nuevamente al molino de bolas y el material fino con especificación cae a dos **tolvas de finos** con una capacidad de 50 toneladas cada una.

### Envasado

El material que proviene de las tolvas de finos es envasado dependiendo el grado y el cliente, las presentaciones pueden ser en super sacos de polipropileno de hasta 1,250 k, sacos de papel valvulado de 50 kg y sacos de polipropileno de boca abierta de 50 kg.

### Almacenado

Una vez que el material ha sido envasado e identificado, se traslada al **almacén de producto terminado** para su embarque.

En la Figura II.129 se ilustra el diagrama de los procesos descritos.

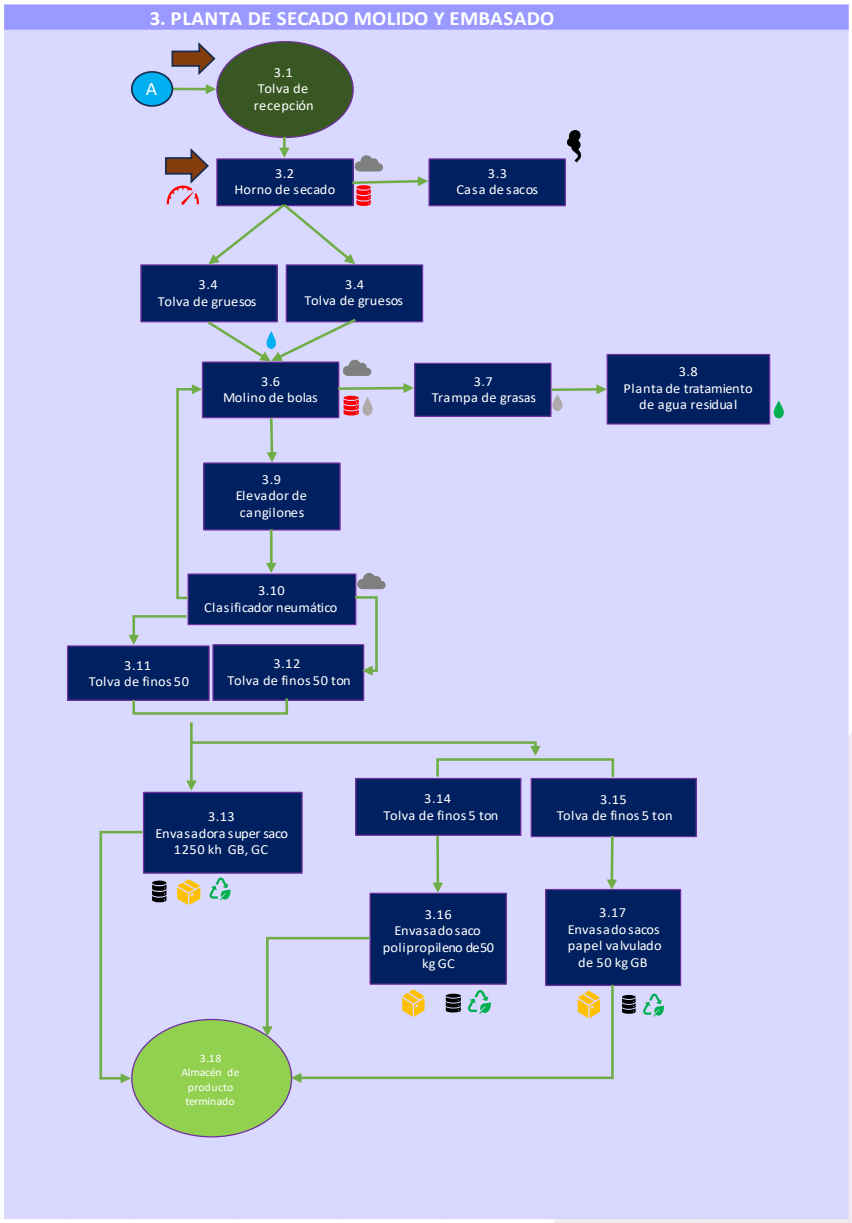



*Figura II.129. Diagrama de los procesos de la Planta de Secado, Molido y Envasado - Unidad Nonoalco*

### Control de emisiones

La Planta de Secado, Molido y Envasado, cuenta con sistemas de control de emisiones. Particularmente, se tiene una Casa de Sacos, que realiza la filtración del aire por mangas, utilizando filtros de tela para capturar partículas contaminantes del aire.

El proceso comienza cuando el aire contaminado entra en la casa de sacos y pasa a través de los filtros de tela, que retienen las partículas sólidas mientras permiten que el aire limpio salga. Los filtros están diseñados para recolectar polvo, y se limpian periódicamente, ya sea por pulso de aire comprimido o mediante vibración, para mantener su eficiencia.

En la Figura II.130 se ilustra de forma esquemática el proceso de la Casa de Sacos.

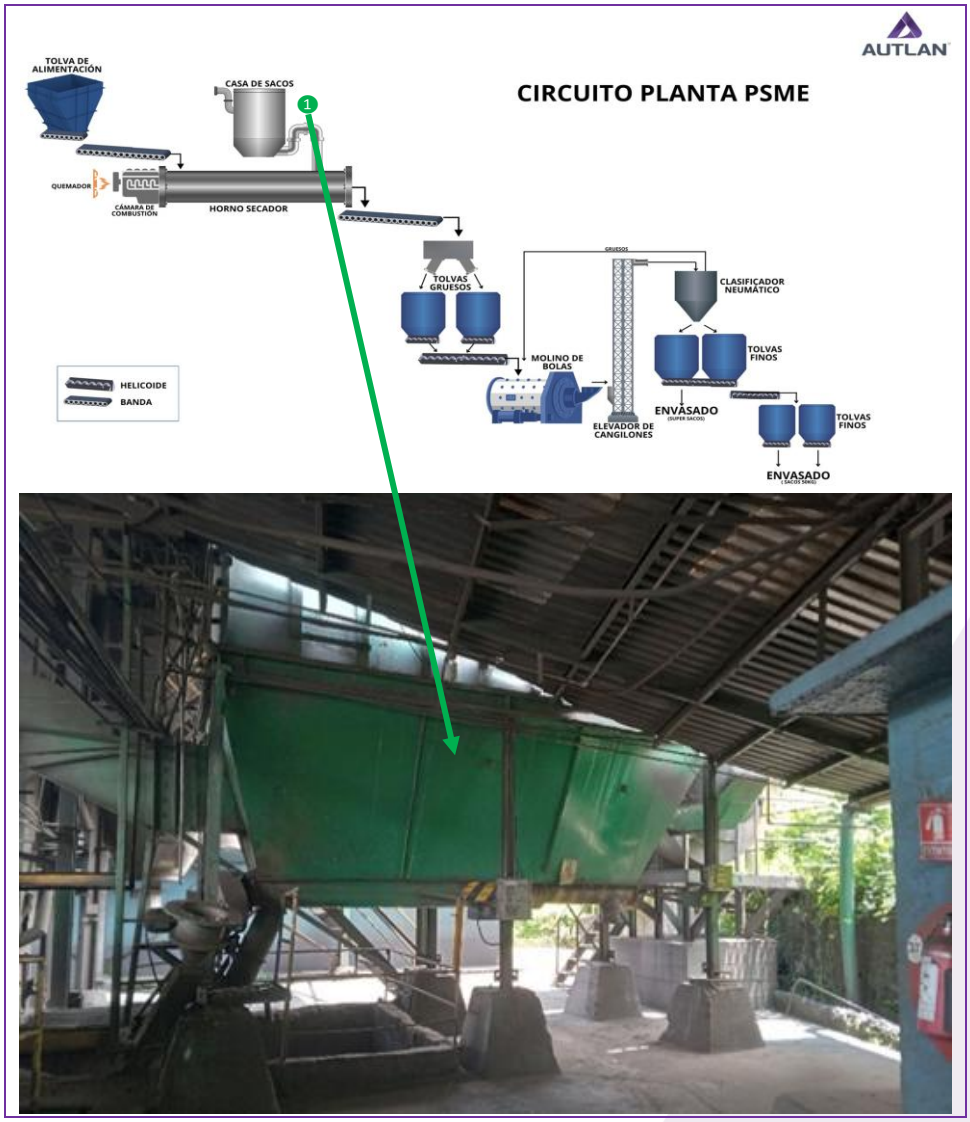



*Figura II.130. Diagrama del proceso de la Casa de Sacos en la Planta de Secado, Molido y Envasado - Unidad Nonoalco*

### II.2.4.10.3. Planta de Óxido Manganoso

La Planta de Óxido Manganeso produce Manganeso Grado Alimenticio, mediante la mezcla de Bióxido de Manganeso grado natural, mineral de importación, carbón vegetal y un Manganeso concentrado que proviene de la Planta Tamos (Ferroaleaciones). La proporción de cada una de las materias primas dependerá de su contenido de Manganeso para alcanzar una ley de cabeza de 45 a 52 %Mn.

El procesamiento en esta planta consta de dos circuitos interconectados, cuyas fases se describen a continuación.

#### Alimentación

El proceso inicia con el traslado de los materiales desde el patio de materias primas hacia el área de mezclas, en donde se hace el pesado y mezclado en una **homogeneizadora** para garantizar la homogeneidad de la mezcla. Las proporciones de los materiales dependen de los requerimientos del cliente y del producto que se quiera obtener.

El material homogenizado es alimentado, mediante una banda transportadora, a un Horno Reductor.

#### Reducción

El **horno reductor** cuenta con capacidad de hasta 1.3 t/h y opera a una temperatura promedio de hasta 980 °C, mediante siete quemadores. Para garantizar la estabilidad de la temperatura y lograr el resultado deseado en los materiales, el horno es monitoreado con ocho (8) termopares que abarcan la longitud.

El horno opera con diésel, por lo que se tiene un consumo anual aproximado de hasta 750,000 litros.

Las materias primas que se procesan en esta planta son Bióxido de Manganeso grado natural, mineral de importación, carbón vegetal y un Manganeso concentrado que proviene de la Planta Tamos (Ferroaleaciones). La proporción de cada una de las materias primas dependerá de su contenido de Manganeso para alcanzar una ley de cabeza de 45 a 52 % Mn.

El objetivo de esta fase es reducir el bióxido de manganeso en óxido manganoso.

#### Enfriamiento

Después de la reducción, el material es enfriado mediante aire y agua para bajar la temperatura por debajo de los 200 °C y evitar una re-oxidación al estar en contacto con la atmósfera. El agua que se utiliza en el sistema de enfriamiento se canaliza a una cisterna, para posteriormente ser recirculada a una **torre de enfriamiento** y utilizarla nuevamente.

En esta fase se cuenta con un **colector de polvos** #1 tipo “Pulse-Jet”, que cumple la función de extraer los gases de la reducción, lo cual se puede verificar mediante le monitoreo anual con un estudio isocinético.

#### Molienda

El producto ya enfriado es enviado a una **tolva de gruesos “A”**, con capacidad de 9 toneladas. El circuito de molienda inicia cuando mineral de la tolva es alimentado al **molino de martillos** de para reducir el tamaño de partícula de hasta un 90 % a -100#. La capacidad del martillo es de hasta 6 t/h.

#### Clasificación

El material molido se envía a una **tolva ciclón** que descarga a un helicoide, mediante el cual se alimenta a un elevador de cangilones. En esta fase, el material fino es captado con un colector de polvos #2, de tipo mangas suspendidas, de donde es enviado al elevador de cangilones.

El material que sale del horno también puede ser enviado a una tolva “B”, en donde es envasado en super sacos de polipropileno, para posteriormente mezclarlo y alimentarlo directamente (sin pasar por el horno reductor), al circuito de molienda por la tolva auxiliar y seguir el mismo proceso del circuito “A” a partir del molino de martillos. A este proceso se le ha denominado “Planta de oxido manganoso Circuito B”.

Posteriormente, en ambos casos el material molido pasa a una criba rotex de malla 30# para garantizar que no tenga ningún objeto extraño y que se cuente con el tamaño de partícula deseado.

### Envasado

Finalmente el material es llevado a una tolva de finos con capacidad de 9 toneladas, para su almacenamiento y poder iniciar la etapa de envasado. En esta fase el mineral pasa primero a una homogeneizadora con capacidad de una tonelada, y de ahí se envía por medio de un helicoide al área de envasado para iniciar su empaque en sus diferentes presentaciones:

- Super sacos de polipropileno de hasta 1,250 k.
- Saco de papel de boca abierta de 25 k.
- Saco de papel de boca abierta de 50 lb.

Una vez envasado el producto terminado es trasladado a la bodega de producto terminado para su posterior embarque.

En las figuras II.131 y II.132 se ilustra el diagrama de los procesos de ambos circuitos.

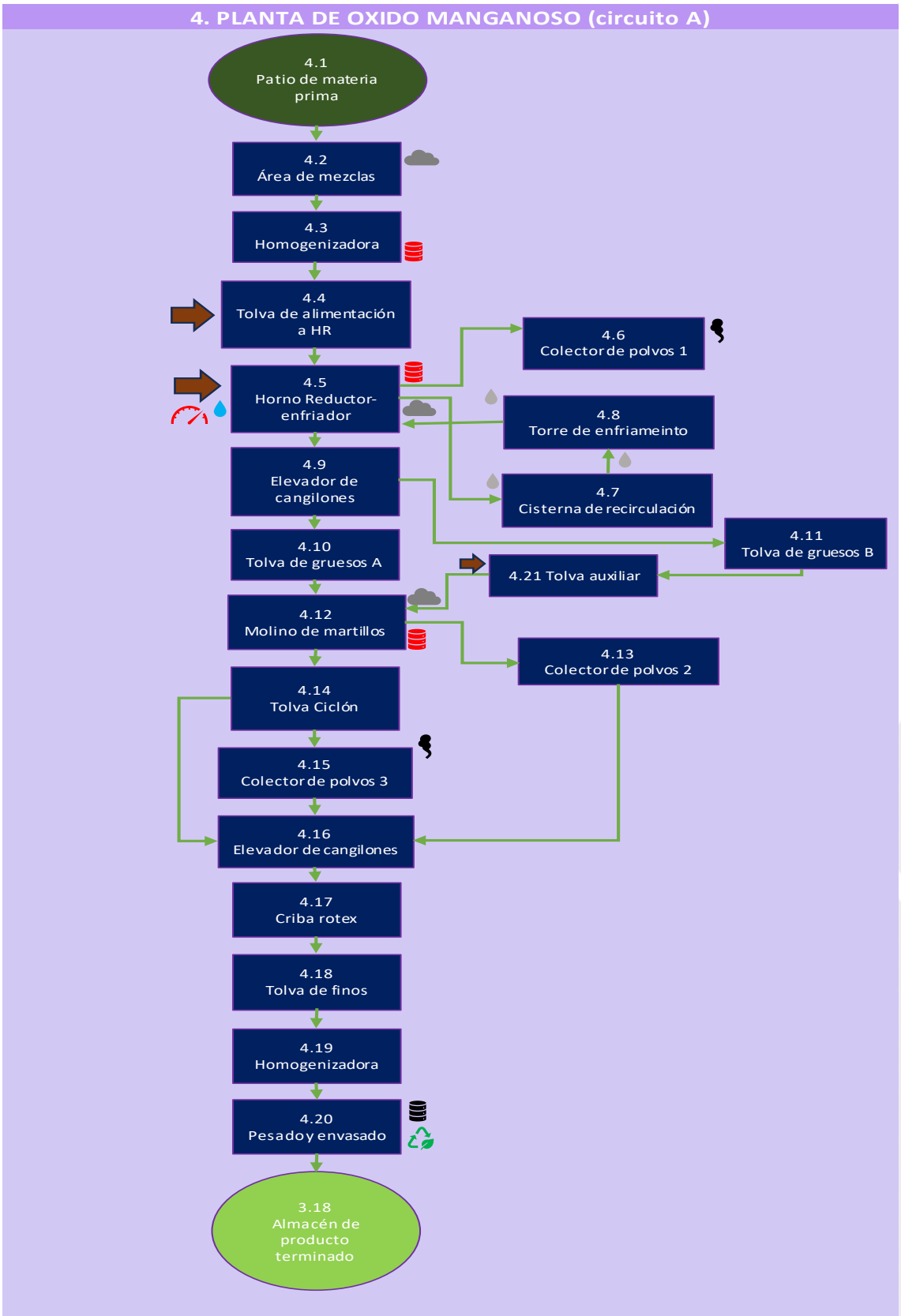



*Figura II.131. Diagrama del proceso del Circuito A de la Planta de Óxido Manganoso - Unidad Nonoalco*

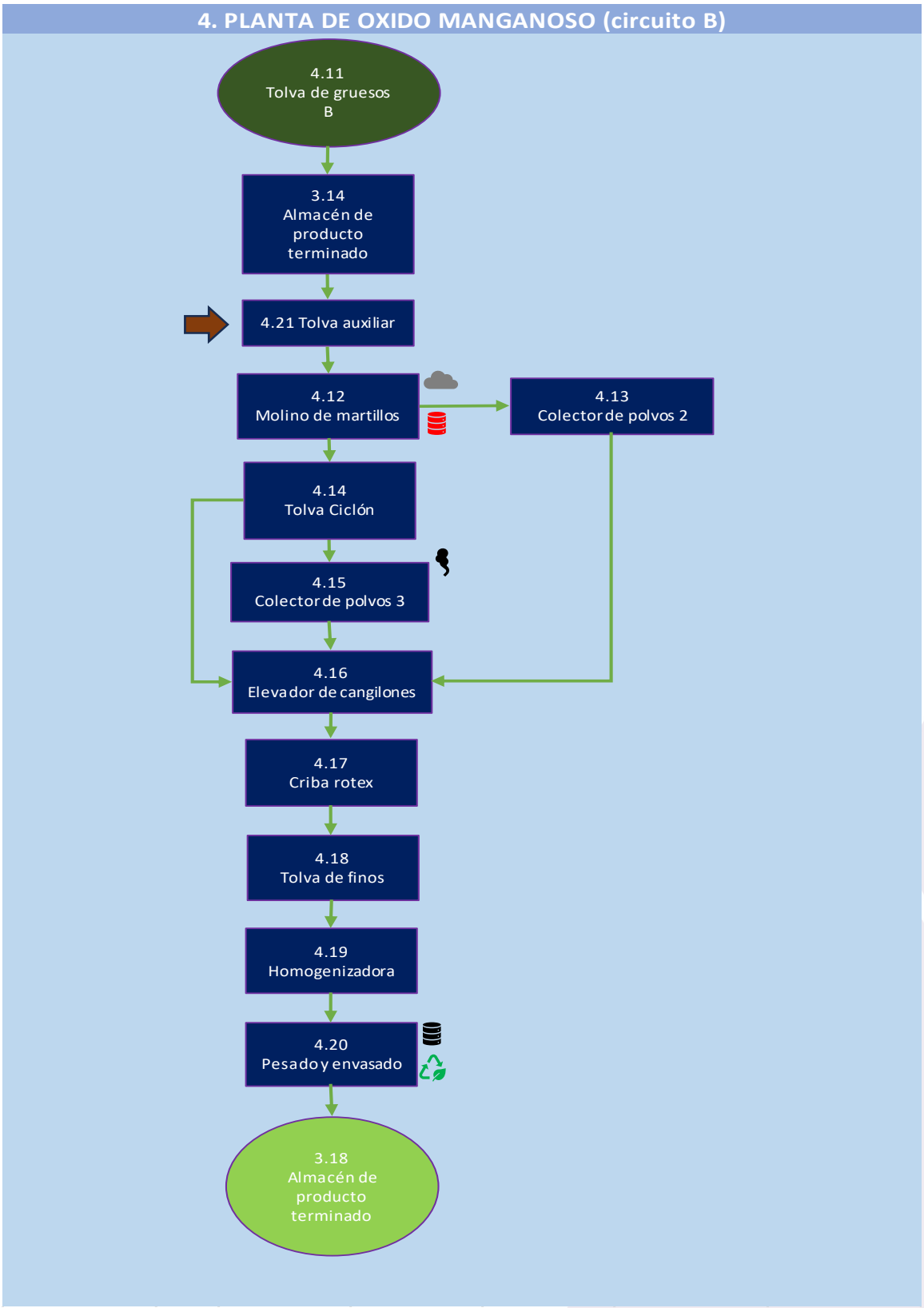



*Figura II.132. Diagrama del proceso del Circuito B de la Planta de Óxido Manganoso - Unidad Nonoalco*

### Control de emisiones

Los circuitos de producción de Óxido Manganoso cuentan con sistemas de control de emisiones (**colectores de polvo**), diseñados para capturar las partículas producidas en esta área. Su operación involucra los siguientes pasos:

1. **Captura del aire saturado**: el aire con polvo se succiona a través del sistema de ductos hacia el colector de polvo. Este sistema está conectado al proceso donde se tenga una mayor generación de partículas.
2. **Filtración**: el aire entra en la cámara del colector, donde pasa a través de los filtros diseñados para atrapar las partículas. Se tienen colectores de diferentes tipos, mangas de tela o colectores electrostáticos, dependiendo de la aplicación y el tamaño de las partículas a capturar.
3. **Separación de partículas**: las partículas quedan atrapadas en la superficie del filtro, mientras que el aire limpio continúa fluyendo a través de él. Con el tiempo, los filtros se saturan con el polvo, de manera que, de conformidad con los programas de mantenimiento de los equipos, se les da mantenimiento previamente a que ocurra su saturación, a fin de mantener su eficiencia.
4. **Limpieza de filtros**: para mantener el rendimiento, los colectores de polvo están equipados con sistemas de limpieza, como chorros de aire comprimido que desprenden el polvo acumulado. Este proceso se realiza de manera automática.
5. **Recolección del polvo**: el polvo desprendido se recoge en un contenedor o sistema de recolección, que puede ser un saco o un tambor, permitiendo su disposición o reciclaje.
6. **Salida de aire limpio**: finalmente, después del procesamiento, el aire limpio es expulsado al ambiente o recirculado en el sistema, contribuyendo a mantener la calidad del aire en el lugar de trabajo.

Además de los colectores de polvo, el hecho de que las operaciones se ejecuten dentro de naves industriales contribuye a un mayor control de las emisiones.

En la Figura II.133 se ilustran los colectores de polvo del sistema de control de emisiones.

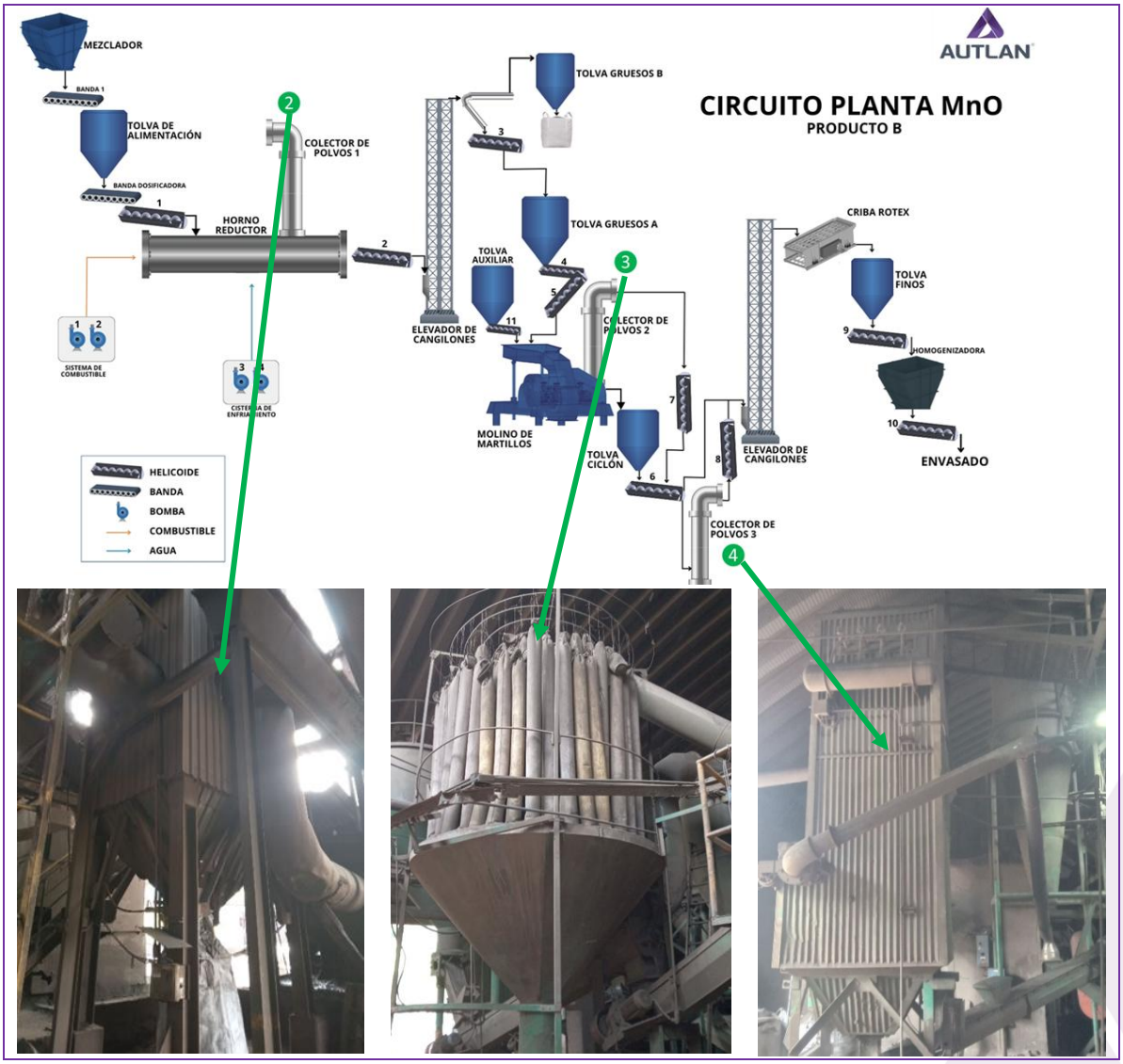



*Figura II.133. Colectores de polvo de la Planta de óxido Manganoso - Unidad Nonoalco*

## II.2.4.11. Filtración de jales

El filtrado de jales se realiza en la Unidad Nonoalco. Tiene el propósito de reducir la humedad de los lodos (jales húmedos) procedentes del proceso de concentrado o del proceso de mesas concentradoras, hasta lograr una humedad menor al 10 % antes de su depósito en los patios o presas destinados a ello. Al reducir la humedad del material se permite una mayor adhesión de las superficies de las partículas y una mayor recuperación de agua.

La filtración se realiza con un filtro de prensa de placas, situado en la proximidad de los depósitos de lodo, que opera a una presión de 6 bares (87 psi). La capacidad máxima de procesamiento del filtro es de hasta 150 $m^3$/h de suspensión.

Los jales son pasados por el filtro y prensados mediante la presión uniforme de las placas, que se regula mediante un sistema hidráulico que asegura una buena compactación del jal filtrado.

Los jales filtrados y compactados trasladados en camiones de volteo para ser depositados en los patios de lodo. Próximamente se instalará una tubería que los conducirá y descargará directamente en el depósito.

El agua que resulta de la filtración es depositada en un tanque de recuperación, para posteriormente ser enviada a la planta de beneficio para su reúso.

### II.2.4.12. Depósito de jales

Los lodos o lamas que se obtienen del procesamiento en la Unidad Nonoalco son depositados temporalmente en presas, a manera de represos, para permitir la evaporación. Cuando el residuo ha perdido humedad suficiente, se aplantilla en temporada de secas; es decir, se coloca aguas abajo del borde inferior del depósito y se extiende para que termine de secarse.

El depósito se realiza mediante el método de relleno y compactación, consistente en la colocación de los jales en capas delgadas, de 30 a 50 cm de espesor, que son posteriormente compactadas, antes de la colocación de la siguiente capa.

Los depósitos que aún se utilizan cuentan con diques de contención, impermeabilización de la base con capas de arcilla, y canales de drenaje.

En los depósitos fuera de uso se realizaron técnicas de manejo para evitar la erosión, consistentes en la colocación de recubrimientos de tierra, el establecimiento de cobertura vegetal a base de pastizales, o el uso de mallas naturales.

Es relevante indicar que en el año 2000, la Universidad Autónoma de Zacatecas “Francisco García Salinas” realizó para la Compañía Minera Autlán un *“Análisis de Estabilidad de las Presas de Lodos Construidas y Operadas por la Unidad Nonoalco”*. Las conclusiones de dicho estudio indican lo siguiente:

1. El método constructivo para los depósitos de lodos en la Unidad Nonoalco se ha ido refinando con el paso del tiempo, logrando estructuras seguras y confiables.
2. El factor de seguridad que tienen los bordos de contención en los depósitos de lodos revisadas es mayor a 3, lo que indica la confianza que se puede tener en ellas, desde el punto de vista mecánico.
3. La seguridad aumenta con el proceso natural de consolidación de los lodos.

Asimismo, con el propósito de determinar si los depósitos de lodo representan un riesgo para los cuerpos de aguas superficiales y las aguas subterráneas en condiciones de precipitación extrema, en el año 2022 se realizó el *“Estudio Hidrológico e Hidrogeológico para las Presas de Lodos de Unidad Nonoalco”*. Este estudio se condujo teniendo en consideración los factores de análisis que sobre la particular señala la Norma Oficial Mexicana NOM-141-SEMARNAT-2003, relativa a presas de jales.

Las conclusiones del estudio referido indican que:

1. La verificación geológica e hidrogeológica realizada en el área de los depósitos de lodos confirmaron que no existe un acuífero regional de importancia, dado que no se tienen las condiciones para ello, y, por tanto, no hay vulnerabilidad en este sentido.
2. Las zonas donde se encuentran los depósitos se sitúan aguas arriba, cerca del parteaguas de las microcuencas del arroyo Nonoalco y de los arroyos San Juan y Cantil del Brujo, por lo que todos los escurrimientos que atraviesan el área son generados por cuenta propia.

3. Los tiempos de concentración de las microcuencas (arroyo Nonoalco y arroyos San Juan y Cantil del Brujo) son relativamente rápidos, de 15 y 14 minutos, debido a las fuertes pendientes, por lo que los escurrimientos no presentan permanencia en la zona y fluyen aguas abajo.
4. En las áreas adyacentes a los depósitos de lodos no existen sitios susceptibles de inundación, ya que existen desniveles topográficos considerables y las pendientes cuentan con un ángulo mayor a los 18°.
5. Como consecuencia de la topografía accidentada y el carácter general impermeable de las zonas serranas, los escurrimientos fluyen de manera rápida, sin permitir su infiltración.
6. Por tanto, no existe vulnerabilidad.
7. Las zonas vulnerables que pueden existir en el área se restringen a las corrientes de agua superficial de tipo perenne e intermitente, por lo que es necesario establecer sobre el trazo del cauce algunas estaciones de monitoreo de la calidad del agua.
8. Ninguna de las muestras de aguas subterráneas que fueron analizadas sobrepasa los límites de la Norma Oficial Mexicana NOM-127-SSA1-2021; además de que presentaron bajas concentraciones de hierro y manganeso que se encuentran por debajo de los límites de detección.
9. En las determinaciones geoquímicas de muestras de los cuerpos de agua se obtuvieron los siguientes resultados:
    a. Sólo una presentó concentraciones de manganeso que sobrepasan el límite máximo permisible de la NOM-127-SSA1-2021.
    b. En sólo dos sitios se sobrepasaron los límites para Sólidos Disueltos Totales y para Dureza Total.
    c. Los valores de Coliformes rebasan los límites normativos en casi toda la zona de la cuenca. Se considera que la aportación es consecuencia de los potreros que predominan en la zona de lomeríos y donde es menor la infiltración.
    d. Sólo es tres sitios se rebasaron los valores de Sulfatos. Se considera que su presencia y valores, como los de la Dureza, están influenciados por las zonas hacia donde se encuentran los depósitos de la mina.

### II.2.4.13. Reprocesamiento de jales

Durante más de 60 años de operación en la Unidad Nonoalco, los residuos sólidos y húmedos, derivados del procesamiento del mineral, se fueron depositando en depósitos de lodos o jales situados en áreas bajas de sus inmediaciones (Figura II.134). El último depósito conformado fue a principios de 2003 y ha sido el depósito más grande.



*Figura II.134. Depósitos de lamas e instalaciones antiguas*

Actualmente no se proyecta la conformación de nuevos depósitos, ya que de los 18 que existen, ocho continúan operando, dos se encuentran en etapa de cierre; y los restantes están siendo utilizados para el reprocesamiento de los jales (Tabla II.68).

*Tabla II.68. Depósitos de lodo en operación – Unidad Nonoalco*

| No. | ID | No. de Área | Estado o Etapa |
|---|---|---|---|
| 1 | Depósito Norte de Alumbres-1 | 6.2 | Re-beneficio |
| 2 | Depósito Norte de Alumbres-2 | 6.3 | Cierre conceptual |
| 3 | Depósito Sur de Buenavista | 6.4 | Cierre conceptual |
| 4 | Depósito Cajón II | 6.5 | Re-beneficio |
| 5 | Depósito Block 3 | 6.6 | Re-beneficio |
| 6 | Depósito Stock 7- I | 6.7 | Re-beneficio |
| 7 | Depósito Cerro Prieto Norte 1 | 6.8 | Re-beneficio |
| 8 | Depósito Cerro Prieto Norte 2 | | Re-beneficio |
| 9 | Depósito Cerro Prieto IV | | Operando |
| 10 | Depósito Prieto Sur | | Re-beneficio |
| 11 | Depósito Los Patos | 6.9 | Re-beneficio |
| 12 | Depósito Stock 7-2 | | Re-beneficio |
| 13 | Depósito No. 1 | 6.10 | Operando |
| 14 | Depósito No. 2 | | Operando |
| 15 | Depósito No. 3 | | Operando |
| 16 | Depósito Regulación | | Operando |

| No. | ID | No. de Área | Estado o Etapa |
|---|---|---|---|
| 17 | Depósito No. 4 | 6.12 | Re-beneficio |
| 18 | Depósito Panteón | 6.15 | Re-beneficio |
| 19 | Patio 4 | 6.16 | Operando |
| 20 | Patio 5 | 6.17 | Operando |
| 21 | Patio de maniobras: Patios 7, 8 y 10 | 6.18 | Operación |

Nota: los patios son áreas de maniobras de los jales

En el **Depósito Panteón** se realizaron en el pasado actividades de explotación, y posteriormente el procesamiento y depósito de jales – lamas o lodos – en la oquedad de la extracción. Tiene 15 a 20 m de profundidad y aproximadamente 200,000 toneladas de jales- lamas-lodos que serán reprocesadas.

Las pruebas de laboratorio para evaluar el reprocesamiento de jales- lamas-lodos se realizaron con muestras procedentes de los **Depósitos de Lodos Cerro Prieto**. De estos sitios, aún operativos, y del depósito Panteón se tomarán los primeros jales- lamas-lodos que se procesarán en las mesas concentradoras.

En el **Anexo II.13** se muestra el estudio de estabilidad de depósitos de lodos, así como los resultados de laboratorio en archivo excel.

### II.2.4.13.1. Mesas concentradoras

Ante una posible disminución de reservas, Compañía Minera Autlán reevalúo el contenido de manganeso en los depósitos de lodos o lamas, e hizo pruebas con el uso de mesas concentradoras que separan el mineral del resto del material mediante gravimetría, utilizando únicamente agua y mesas vibratorias.

Las pruebas piloto realizadas indicaron que las lamas contienen aún 15 % de manganeso y el concentrado que generan las mesas concentradoras un 40 % de mineral.

Este proceso tiene el objetivo de poder beneficiar la totalidad del material que se ha depositado históricamente en los depósitos de jales, con un doble propósito:

i. Obtener mayor cantidad de concentrados con un circuito de concentración de finos con tamaños de partícula de entre 140-44 micras.

ii. Disminuir los pasivos ambientales de la Unidad Nonoalco que representan los depósitos de jales.

Este método de procesamiento permite el aprovechamiento de minerales gruesos, finos, subproductos del procesos y lamas que anteriormente no cumplían con las especificaciones del material para ser ingresados en el proceso de aprovechamiento.

La tecnología empleada para esta separación consiste en un Concentrador Deister, equipado con una mesa (Deister 999#) de separación gravimétrica de finos, la cual tiene la peculiaridad de poder trabajar con minerales de tamaños muy pequeños, como los que se encuentran en los depósitos de jales.

A continuación, se describen cada una de las fases que comprenden este proceso:

#### Alimentación

En este proceso de concentración gravimétrica, el jal con contenidos de bióxido de manganeso es alimentado desde el depósito de lodos a una tolva principal con capacidad de 120 tm (toneladas métricas); este material pasa posteriormente a una fase de desgrumado en la quebradora de barras.

### Desgrumado

El desgrumado se realiza en una quebradora de tipo barras, la cual tiene una capacidad de 40 tm. El mineral que aquí se procesa es alimentado desde la tolva principal por medio de una banda; durante esta etapa se adicionan 15 $m^3$/h de agua para lograr el desleído del mineral.

### Cribado

Una vez que el mineral es desleído, se envía a la etapa de cribado, en donde se emplea una criba vibratoria, la cual tiene una capacidad de 40 tm. La criba cuenta con una malla 30, que garantiza cumplir con la especificación de 100% a -30# requerida en las mesas de concentración.

Para lograr el cribado de forma eficiente y generar una pulpa con un porcentaje de sólidos que va del 25-30 % de sólidos se adicionan 50 $m^3$/h de agua.

El material que no cumple con las especificaciones mencionadas, es considerado material de rechazo de la criba y comprende aproximadamente un 10 % de la alimentación; este material es retornado mediante una banda transportadora a la quebradora de barras para ser triturado nuevamente.

Al material que cumple con las especificaciones, se le conoce como pulpa y es enviada al Tanque de Balance, que tiene una capacidad de 50 $m^3$.

### Distribución

Desde el Tanque de Balance se realiza la distribución a las mesas, empleando para ello una bomba con capacidad de 150 gpm (galones por minuto). El distribuidor de las mesas sólo tiene la función de distribuir equitativamente la pulpa a cada una de las tablas que conforman las mesas concentradoras.

### Concentración

El sistema de concentración, consta de seis (6) paquetes de mesas, cada una con tres (3) tablas, y cada tabla con capacidad de 1.5 tms/h.

La concentración del mineral en estas mesas ocurre por diferencia de densidades, para lo cual se requiere la adición de 45 $m^3$/h de agua a todo el conjunto de mesas.

El agua necesaria para la operación de las mesas es provista por una bomba de 150 gpm, que traslada el agua desde el punto de aprovechamiento hasta dos tanques de 70 $m^3$ de capacidad, que son los encargados de suministrar agua al proceso de las mesas. Al inicio los tanques serán rellenados con agua limpia y después serán llenados con agua recuperada del tanque asentador y de la presa de regulación.

El material resultante de la separación gravimétrica es clasificado conforme a los siguientes criterios:

- **Concentrados:** minerales con densidades por arriba de 3 gr/l
- **Grado cerámico**: minerales con densidades en el rango de 3-2.5 gr/l
- **Lamas/Lodos/Jales**: minerales con densidades por debajo de 2.5 gr/l

Los concentrados son acopiados en el Patio 7, los minerales grado cerámico pueden ser acopiados en alguno de los patios 2, 3, 4, 10 o 12; mientras que las lamas se envían al tanque asentador, el cual tiene una capacidad de 1,357 $m^3$ y posteriormente son enviados al depósito de jales.

En la Figura II.135 se muestra el diagrama del procesamiento.

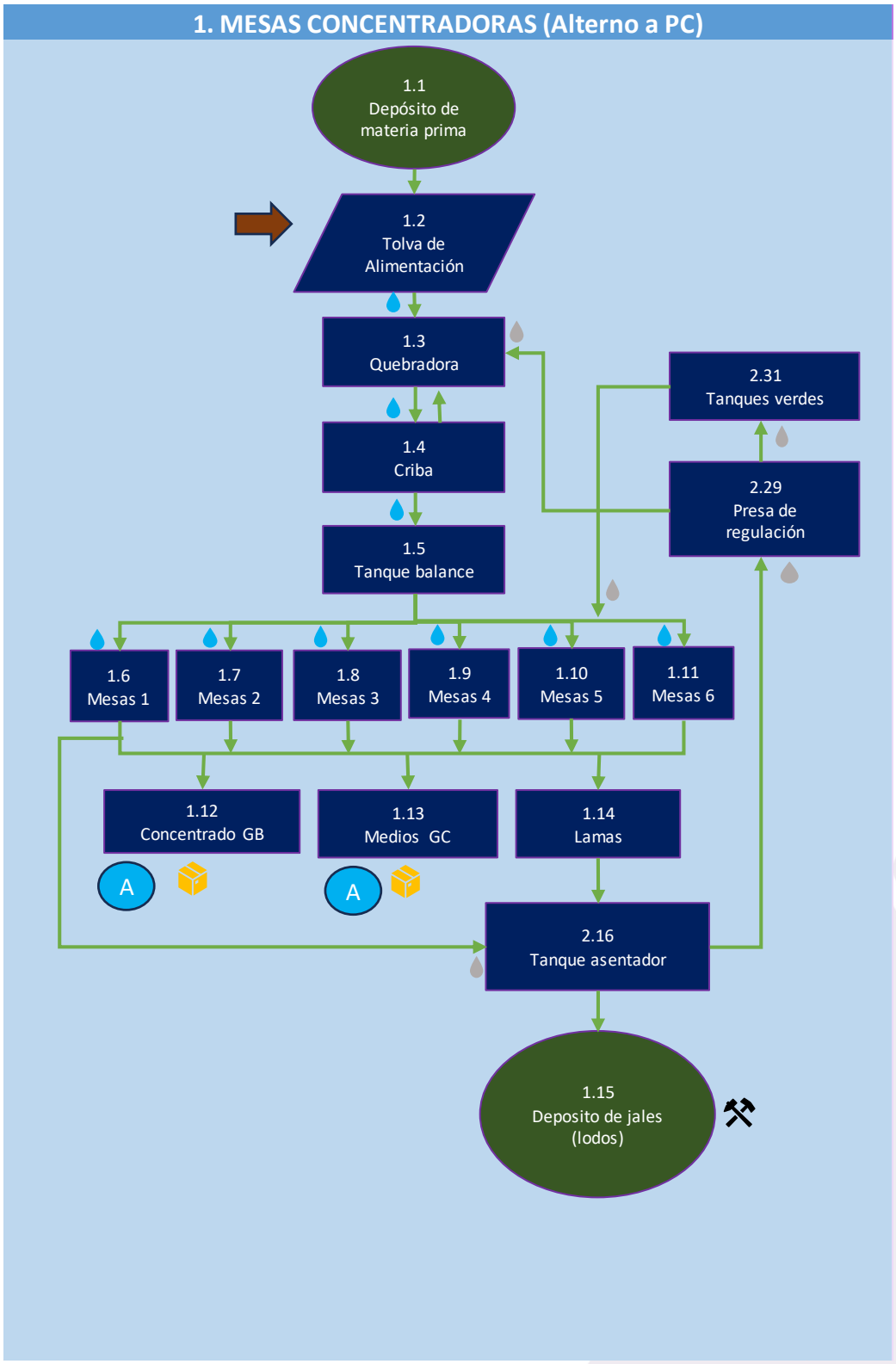



*Figura II.135. Diagrama del procesamiento en Mesas Concentradoras - Unidad Nonoalco*

Como se aprecia en la descripción, el procesamiento en las mesas concentradoras sólo involucra la adición de agua. Los finos formarán el concentrado de manganeso, en tanto que las arcillas y gruesos se depositarán ya como lamas reprocesadas o agotadas. El agua utilizada se recircula a través de un sistema de drenaje y sedimentación, que permite separar los finos y el lodo de los concentrados.

Las mesas concentradoras pueden procesar 9,000 t de lamas por mes y generar 380 t de concentrado por mes. Las nuevas lamas serían de 7 000 t por mes con 55 % de humedad que se pierde por evaporación y sedimentación.

El inicio de la prueba industrial se prevé para inicios de 2025. La operación de las mesas concentradoras puede durar 10 años.

### II.2.4.13.1. Planta de Espirales

Situada en el polígono de área 6.16 de la Unidad Nonoalco, esta planta re-procesa los jales nuevos generados en las otras plantas de concentración. Esta instalación recibe los jales en el denominado Patio 4, de donde son conducidos a dos circuitos en los que son sometidos a un proceso de reconcentración del mineral.

El proceso consta de dos circuitos (Figura II.136), el Circuito de Lamas y el de Espirales. El primero de ellos consta de tolvas de alimentación donde son depositados los jales, para después pasar por scrubers y cribas, antes de ser enviados al segundo circuito.

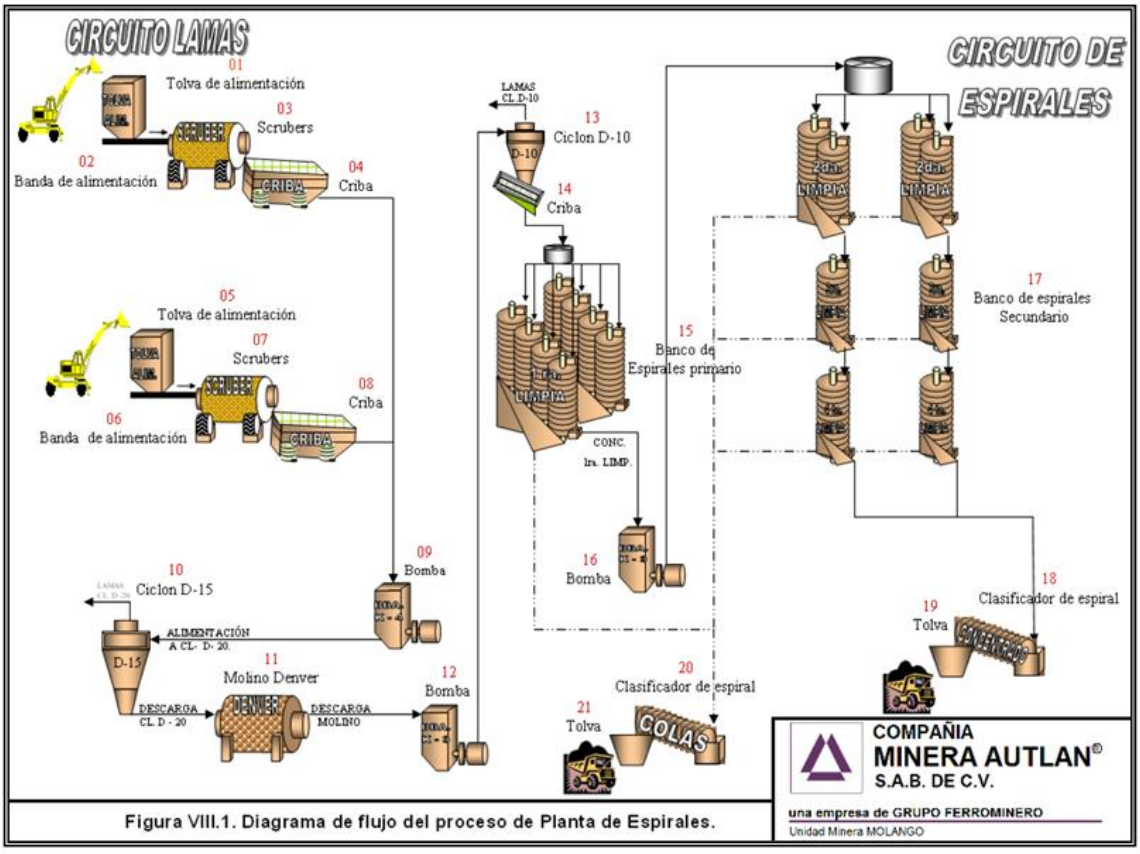



*Figura II.136. Diagrama del proceso de la Planta de Espirales - Unidad Nonoalco*

El Circuito de Espirales consta de un banco de espirales primario y uno secundario, de donde se generan dos corrientes de proceso que llegan a un clasificador de espiral, en el que se obtiene un producto de mineral concentrado y las colas resultantes.

Al igual que en el proceso de Planta Concentradora, el material concentrado de la Planta de Espirales es enviado al Patio 7, donde posteriormente se forman los lotes de producto: Grado Batería, Grado Cerámico y Grado Alimenticio.

Las colas resultantes del proceso son enviadas al Patio 10, en donde esperarán para ser reprocesadas.

## II.2.4.14. Separación de grasas y aceites

En la Unidad Naopa se cuenta con una Planta de Separación de Grasas y Aceites, que da tratamiento a las aguas residuales procedentes del lavado de camiones.

Antes de entrar al proceso de separación, las aguas residuales suelen pasar por un pretratamiento para eliminar sólidos grandes o partículas suspendidas que podrían obstruir o dañar los equipos de tratamiento. Esto puede incluir:

**Filtración gruesa**: para eliminar residuos sólidos grandes (como tierra, arena, o restos de material).

**Desarenadores:** para separar partículas pesadas como arena o arcilla mediante un proceso de sedimentación.

**Tanques de flotación por aire disuelto (DAF):** este sistema inyecta burbujas de aire finas en el agua. Las burbujas se adhieren a las partículas de aceite y grasa, lo que las hace flotar más fácilmente hacia la superficie, donde se pueden separar. Este proceso es muy efectivo para tratar aguas con niveles bajos de aceites y grasas.

Una vez que los aceites y las grasas se han separado del agua, se recogen en un sistema de bandejas o en un compartimiento de acumulación. Este aceite recuperado se almacena para su posterior disposición adecuada.

## II.2.4.15. Tratamiento de aguas residuales

El proyecto cuenta con seis plantas de tratamiento de aguas residuales (Tabla II.69).

*Tabla II.69. Plantas de tratamiento de aguas residuales del proyecto*

| No. | Unidad | Tipo de agua residual | Sistema de tratamiento | Capacidad ($m^3$/día) | Destino del efluente |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | Molango | Sanitaria Servicio a empleados | Anaerobio a base de reactor biológico de lodos activados, sedimentador secundario, filtro profundo y sistema de cloración | 30 | Descarga y reúso en espreado de polvos y riego del talud de polvos |
| 2 | Molango | Sanitaria Zona habitacional | Tratamiento primario anaerobio, tratamiento secundario por aeración extendida y cloración; y tratamiento terciario por medios filtrantes | 281 | Reúso en enfriamiento de equipos |
| 3 | Molango | Sanitaria Coyoles | Anaerobio a base de tanque digestor, tanques de aeración, tanque clarificador, tanque de desinfección y digestor aerobio de lodos | 30 | Descarga |
| 4 | Naopa | Sanitaria-Servicios | Anaerobio, digestor, clarificación, desinfección y digestor anaeróbico de lodos | 7.5 | Reúso en área de lavado y descarga |
| 5 | Naopa | Servicios (lavado de vehículos pesados) | Filtros de separación de grasas y aceites | 15 | Reúso en lavado de vehículos pesados |
| 6 | Nonoalco | Sanitaria | Anaerobio en lagunas de retención | 10 | Reúso en el proceso (100 %) |

Todas las plantas de tratamiento continuarán operando bajo las especificaciones particulares de cada sistema de tratamiento.

## II.2.4.16. Mantenimiento de caminos

El mantenimiento de caminos es una actividad frecuente en el área del proyecto, toda vez que la circulación regular e intensa de vehículos pesados en las vías de las tres unidades mineras produce inevitablemente su deterioro; este hecho se acentúa, particularmente, en la temporada de lluvias.

Para mantener la capacidad de servicio o funcionalidad de los caminos, la compañía cuenta con un procedimiento interno que establece las directrices para su mantenimiento (NAO-OPM-ET-17). Este procedimiento se enfoca particularmente a los caminos de mina de la Unidad Naopa, sin embargo, las pautas generales en él indicadas, son aplicadas también en los caminos de otras unidades.

Las actividades de mantenimiento de caminos que se desarrollan se indican en la Tabla II.70.

*Tabla II.70. Actividades de mantenimiento de caminos*

| Tipo de mantenimiento | Actividades | Efecto a lograr |
|---|---|---|
| Mantenimiento de rutina | Regrabado de puntos | ▪ Rellenar baches y depresiones, y excluir agua |
| | Mantenimiento de drenaje y borde | ▪ Reducir la erosión y la pérdida de material<br>▪ Mejorar el drenaje del borde del camino |
| | Rastreado superficial | ▪ Redistribuir la grava de la superficie<br>▪ Retirar el exceso de material fino |
| | Rastreo poco profundo | ▪ Llenar depresiones y surcos menores<br>▪ Reducir resistencia a la rodadura |
| | Control de polvo por riego | ▪ Reducir la pérdida de aglutinante<br>▪ Reducir la generación de polvo |
| Reparación | Regrabado completo | ▪ Restaurar el grosor de la capa de uso |
| | Rastreo profundo | ▪ Volver a perfilar el camino<br>▪ Reducir la rugosidad |
| Rehabilitación | Recompactación | ▪ Mejorar pavimentos deficientes |

## II.2.4.17. Reforestación

Históricamente, desde el año 1995 y hasta le fecha actual, **Compañía Minera Autlán** ha desarrollado acciones de reforestación en sus tres unidades, teniendo un total acumulado de 548,852 árboles plantados; de los cuales, 174,570 han sido plantados en la Unidad Molango, 271,308 en la Unidad Naopa, y 102,974 en la Unidad Nonoalco (Tabla II.71).

*Tabla II.71. Número de árboles plantados en el período 1995-2024*

| Año | Árboles plantados | U. Molango | U. Nonoalco | U, Naopa |
|---|---|---|---|---|
| 1995 | 3,000 | 2,000 | 1,000 | 0 |
| 1996 | 4,200 | 2,200 | 1,200 | 800 |
| 1997 | 4,800 | 2,400 | 1,400 | 1,000 |
| 1998 | 5,400 | 2,600 | 1,600 | 1,200 |
| 1999 | 6,000 | 2,800 | 1,800 | 1,400 |
| 2000 | 6,600 | 3,000 | 2,000 | 1,600 |

| Año | Árboles plantados | U. Molango | U. Nonoalco | U, Naopa |
|---|---|---|---|---|
| 2001 | 7,200 | 3,200 | 2,200 | 1,800 |
| 2002 | 7,800 | 3,400 | 2,400 | 2,000 |
| 2003 | 8,600 | 3,600 | 2,800 | 2,200 |
| 2004 | 9,200 | 3,800 | 3,000 | 2,400 |
| 2005 | 9,800 | 4,000 | 3,200 | 2,600 |
| 2006 | 10,400 | 4,200 | 3,400 | 2,800 |
| 2007 | 11,000 | 4,400 | 3,600 | 3,000 |
| 2008 | 11,600 | 4,600 | 3,800 | 3,200 |
| 2009 | 12,200 | 4,800 | 4,000 | 3,400 |
| 2010 | 12,800 | 5,000 | 4,200 | 3,600 |
| 2011 | 13,400 | 5,200 | 4,400 | 3,800 |
| 2012 | 19,600 | 5,400 | 10,200 | 4,000 |
| 2013 | 19,100 | 5,600 | 4,000 | 9,500 |
| 2014 | 28,831 | 5,800 | 4,431 | 18,600 |
| 2015 | 21,788 | 6,000 | 480 | 15,308 |
| 2016 | 17,150 | 6,150 | 2,000 | 9,000 |
| 2017 | 23,135 | 7,000 | 6,835 | 9,300 |
| 2018 | 48,600 | 9,000 | 6,000 | 33,600 |
| 2019 | 26,042 | 12,364 | 1,678 | 12,000 |
| 2020 | 57,328 | 11,028 | 6,300 | 40,000 |
| 2021 | 58,000 | 12,000 | 6,000 | 40,000 |
| 2022 | 32,000 | 12,000 | 6,000 | 14,000 |
| 2023 | 30,975 | 12,625 | 2,050 | 16,300 |
| 2024 | 22,303 | 8,403 | 1,000 | 12,900 |
| | 548,852 | 174,570 | 102,974 | 271,308 |

Complementariamente, como parte de sus compromisos y responsabilidades ambientales, la empresa implementa en sus unidades tres programas orientados a la recuperación de las áreas forestales que han sido afectadas por las actividades de explotación, principalmente en la zona de la Unidad Naopa:

- Programa de Restauración de Áreas Fuera de Operación.
- Programa de Reforestación.
- Plan de Cierre para la Unidad Naopa.

En el contexto del Programa de Reforestación, actualmente se orientan las acciones de plantación en 16 polígonos de la Unidad Naopa, cubriendo en su totalidad una superficie de aproximadamente 60 ha (Tabla II.72). Si bien no todas plantaciones realizadas han sido exitosas, debido fundamentalmente a la invasión de los terrenos por ganado, varias áreas se han desarrollado satisfactoriamente.

*Tabla II.72. Áreas de reforestación en la Unidad Naopa*

| No. | ID polígono | Superficie (ha) |
|---|---|---|
| 1 | Zacuala | 30.0000 |
| 2 | Efrén Marañón 1 | 0.5300 |
| 3 | Efrén Marañón 2 | 0.2500 |
| 4 | Raúl Escudero | 5.0000 |
| 5 | Coacomul 1 | 2.8800 |
| 6 | Coacomul 2 | 0.4600 |
| 7 | Planta de tratamiento | 0.6300 |
| 8 | Cleto 1 | 1.1100 |
| 9 | Almacén 1 | 0.2100 |
| 10 | Almacén 2 | 0.9700 |
| 11 | Vivero | 0.1200 |
| 12 | Tetlilco 1 | 2.0000 |
| 13 | Tetlilco 2 | 0.6700 |
| 14 | Terrero 3 | 0.6200 |
| 15 | Arcillas 2 | 2.7800 |
| 16 | Arcillas 3 | 1.5200 |
| | **Total** | **49.75** |

Conforme a los protocolos y directrices que establecen los programas referidos, las acciones de reforestación continuarán desarrollándose, tanto en las 16 áreas mencionadas, como en las áreas fuera de operación que transitan al cierre progresivo, asimismo en las áreas que se denominas “áreas verdes” en inmediaciones de las operaciones de las tres unidades.

La reforestación que se ha realizado ha sido posible por la producción del vivero forestal que la empresa opera desde 1995. Este vivero produce plantas de especies nativas, mayoritariamente arbóreas, del bosque mesófilo de montaña que caracteriza a la región, y cada año produce, en promedio, 110,000 plantas para reforestación.

Los resultados que ha logrado el vivero y su difusión han favorecido que las comunidades, ejidos, pequeños propietarios, organizaciones, instituciones, presidencias municipales y dependencias gubernamentales en la región, se acerquen a la compañía a solicitar la donación de árboles, los cuales sin obstáculo les son regalados, con el único compromiso de cultivarlos propiciando su cabal crecimiento y desarrollo. De modo que, entre 2015 y 2023, la compañía ha donado la cantidad de 339,673 árboles.

En el **Anexo II.14** de este documento se muestra la información sobre las actividades de reforestación

### II.2.4.18. Monitoreo de la calidad del agua

La compañía continuará realizando el Programa de Monitoreo de la Calidad del Agua que ha sido formulado e implementado por Compañía Minera Autlán en el área de influencia de sus operaciones, mismo ha sido validado por la autoridad ambiental como parte de las autorizaciones ambientales otorgadas.

La implementación de este programa continuará desarrollándose en concordancia con las especificaciones contenidas en el procedimiento interno de la empresa identificado como MIN-GGA-ET-15.

El programa aplica para las tres unidades (Molango, Naopa y Nonoalco) e incluye los sitios de muestreo que se indican en las tablas II.73 a II.75.

*Tabla II.73. Sitios de monitoreo de calidad del agua en la Unidad Molango*

| No. | Punto de monitoreo | Latitud N | Longitud O | Norma de referencia | Tipo de muestreo |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | Aporte Mina Coyoles | 20º57’36.85’’ | 98º43’57.82’’ | NOM-001-SEMARNAT-2021 | Interno y Externo |
| 2 | Aguas arriba Coyoles | 20º57’36.88’’ | 98º43’55.69’’ | | Interno y Externo |
| 3 | Aporte poliducto | 20º57’36.57’’ | 98º43’59.71’’ | | Interno y Externo |
| 4 | Aguas abajo Coyoles | 20º57’34.74’’ | 98º44’4.37’’ | | Interno y Externo |
| 5 | Aporte talud de polvos | 20º57’38.76’’ | 98º44’24.15’’ | | Interno y Externo |
| 6 | Pileta polvos | 20º58’23.96’’ | 98º43’24.27’’ | | Interno y Externo |
| 7 | Bombas Tlaltepingo | 20º57’10.89’’ | 98º44’48.27’’ | | Interno y Externo |
| 8 | Cuxhuacán | 20º58’4.76’’ | 98º49’5.32’’ | | Externo |
| 9 | San Simón | 20º59’30.44’’ | 98º48’57.25’’ | | Externo |
| 10 | Tamala | 20º59’43.87’’ | 98º48’1.25’’ | | Externo |
| 11 | Tamala 2 | 21º0’46.06’’ | 98º48’42.88’’ | | Externo |
| 12 | Acuimantla | 21º1’53.78’’ | 98º47’55.05’’ | | Externo |
| 13 | Nivel 810-Comex | 20º59’19.51’’ | 98º43’20.74’’ | | Interno y Externo |
| 14 | Aguas abajo Nivel 810-Comex | 20º59’31.57’’ | 98º43’39.54’’ | | Interno y Externo |
| 15 | Aguas arriba Nivel 810-Comex | 20º59’22.30’’ | 98º43’14.49’’ | | Interno y Externo |

*Tabla II.74. Sitios de monitoreo de calidad del agua en la Unidad Nonoalco*

| No. | Punto de monitoreo | Latitud N | Longitud O | Norma de referencia | Tipo de muestreo |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | Arroyo 1 aguas arriba | 20º42’37.99’’ | 98º42’31.99’’ | NOM-127-SSA1.2021 | Interno y Externo |
| 2 | Arroyo 2 aguas abajo | 20º43’16.44’’ | 98º41’56.27’’ | NOM-001-SEMARNAT-2021 | Interno y Externo |
| 3 | Arroyo 3 aguas abajo | 20º42’48.92’’ | 98º41’29.68’’ | | Interno y Externo |
| 4 | Arroyo 4 | 20º42’31.41’’ | 98º41’49.22’’ | | Interno y Externo |
| 5 | Presa Los Peces | 20º42’56.61’’ | 98º41’10.38’’ | | Interno y Externo |
| 6 | Muro de mampostería | 20º42’46.40’’ | 98º42’19.40’’ | | Interno y Externo |
| 7 | Cárcamo Patio 7 | 20º42’55.97’’ | 98º42’12.67’’ | | Interno y Externo |
| 8 | Presa de regulación | 20º42’50.60’’ | 98º42’13.20’’ | | Interno y Externo |
| 9 | Descarga Cerro Prieto | 20º42’19.31’’ | 98º41’43.41’’ | | Interno y Externo |
| 10 | Descarga 2 | 20º42’54.54’’ | 98º42’11.28’’ | | Interno y Externo |
| 11 | Descarga 1 | 20º42’39.43’’ | 98º42’16.15’’ | | Interno y Externo |

*Tabla II.75. Sitios de monitoreo de calidad del agua en la Unidad Naopa*

| No. | Punto de monitoreo | Latitud N | Longitud O | Norma de referencia | Tipo de muestreo |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | Arroyo Zacuala aguas arriba | 20º50’59.68’’ | 98º46’9.52’’ | NOM-001-SEMARNAT-2021 | Interno y Externo |
| 2 | Arroyo Zacuala aguas abajo | 20º51’1.94’’ | 98º46’17.52’’ | | Interno y Externo |
| 3 | Dique Zacuala 1 | 20º51’33.37’’ | 98º45’49.09’’ | | Interno y Externo |
| 4 | Dique Zacuala 2 | 20º51’27.58’’ | 98º45’52.22’’ | | Interno y Externo |
| 5 | Escurrimiento | 20º51’34.50’’ | 98º45’16.11’’ | | Interno y Externo |
| 6 | Río Salado aguas arriba | 20º52’12.67’’ | 98º44’49.50’’ | | Interno y Externo |
| 7 | Río Salado aguas abajo | 20º52’15.59’’ | 98º44’53.93’’ | | Interno y Externo |
| 8 | Arroyo Las Adjuntas | 20º52’10.34’’ | 98º45’5.54’’ | | Interno y Externo |
| 9 | Manantial Tepetatera Norte I | 20º52’6.00’’ | 98º45’4.00’’ | | Interno y Externo |
| 10 | Tlatzintla (Tetipanchalco) | 20º52’55.52’’ | 98º47’51.32’’ | | Interno y Externo |

Los parámetros y frecuencias del muestreo se indican en la Tabla II.76.

*Tabla II.76. Parámetros y frecuencia de muestreo del monitoreo de calidad del agua*

| Tipo de monitoreo | Parámetros | Frecuencia |
|---|---|---|
| Interno (equipo portátil)<br>Molango, Naopa y Nonoalco | ph<br>Temperatura<br>Conductividad<br>Oxígeno Disuelto<br>Turbidez<br>Nitrógeno<br>Sólidos Sedimentables | Mensual |
| Interno (laboratorio)<br>Molango | Alcalinidad<br>Dureza Total<br>ph<br>Calcio<br>Sólidos Suspendidos Totales | Bimensual |
| Laboratorio externo<br>Molango, Naopa, Nonoalco | Los establecidos en la NOM-001-SEMARNAT-2021 | Trimestral y semestral |

## II.2.5. Desmantelamiento y abandono de las instalaciones

El desmantelamiento y abandono de las instalaciones forman parte de las actividades previstas en el **Programa de Cierre** y el **Programa de Restauración de Áreas Fuera de Operación** (**Anexo II.15**) que la empresa ha formulado para sus instalaciones.

Ambos programas han sido diseñados con el propósito de restituir el valor ambiental, social y productivo de los terrenos que fueron afectados por las operaciones mineras, de manera que, a través de prácticas de manejo adecuadamente orientadas, éstos recuperen atributos que los hagan aptos para preservación y producción de servicios ambientales, o bien, el desarrollo de actividades productivas.

De manera general, las metas de estos programas consisten en:

1. Estabilizar las condiciones geotécnicas y geoquímicas de las áreas en donde se desarrollaron actividades mineras.
2. Estabilizar las áreas superficiales del terreno y protegerlas de la erosión.
3. Mitigar el impacto visual del paisaje.
4. Conciliar las condiciones que favorezcan el establecimiento de un ecosistema estable y autosustentable.

Es preciso indicar que, debido a la antigüedad de las operaciones en las tres unidades, y a la evolución y desarrollo que han experimentado, diversas áreas, antes operativas, han quedado actualmente en desuso, de manera que la empresa ha ejecutado acciones de restauración en algunas de ellas, y programado el cierre progresivo de otras.

Dichos sitios, en su mayoría, han quedado integrados en los polígonos de área que en este estudio se destinan como áreas verdes, zonas de rehabilitación ambiental o área de evaluación geológica. No obstante, en tres de estos sitios, denominados Tepeolo, Cajón Malila y Presas Malila, situados en la Unidad Nonoalco, así como el talud de polvos en la Unidad Molango, donde se ha iniciado ya la planeación de los programas de Pre-Cierre y Cierre.

En la Unidad Naopa, por la naturaleza de sus actividades, los trabajos de restauración inician tempranamente en algunas áreas. Tal es el caso de las tepetateras, en las que su desarrollo gradual y por secciones, ha permitido comenzar los trabajos de rehabilitación.

Considerando que con esta Manifestación de Impacto Ambiental se solicita la incorporación de nuevas áreas y actividades, una vez que se emita la autorización correspondiente, Compañía Minera Autlán actualizará los programas de cierre y restauración.

## II.2.6. Residuos

Las actividades que realiza el **Proyecto DMA** genera cuatro tipos de residuos:

- Residuos peligrosos.
- Residuos mineros.
- Residuos de manejo especial.
- Residuos sólidos municipales.

Todos los residuos cuya generación es materia de regulación, cuentan con sus respectivos planes y programas de manejo.

Asimismo, en todas las áreas operativas de las tres unidades, se cuenta con instalaciones especiales, separadas e idóneas, para el almacenamiento temporal de los residuos.

A continuación, se describen las principales características y sistemas de gestión de cada tipo de residuo.

### II.2.6.1. Residuos peligrosos

En la Tabla II.77 se presenta la información relativa al tipo, características y volumen de generación de residuos peligrosos, conforme al Plan de Manejo de Residuos Peligrosos de la Unidad Nonoalco, registrado ante la SEMARNAT, con Número de Registro 13/EW-0074/05/08 **(Anexo II.16)**.

***Tabla II.77. Residuos peligrosos generados en la Unidad Nonoalco***

| Identificación de residuos – Unidad Nonoalco | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Código de Peligrosidad de los Residuos (CPR) | | | | | | | | | | | |
| No. | Descripción del residuo peligroso | C | R | E | T | Te | Th | I | B | M | Clave genérica | No. CAS: | Cantidad (Ton/Año) |
| 1 | Aceite sucio | | | | X | | | X | | | 1 | | 3.500000 |
| 2 | Filtros impregnados con hidrocarburo | | | | X | | | X | | | SO2 | | 0.500000 |
| 3 | Mangueras impregnadas con hidrocarburo | | | | X | | | X | | | SO2 | | 1.000000 |
| 4 | Textiles impregnados con hidrocarburos | | | | x | | | x | | | SO2 | | 1.000000 |
| 5 | Grasa sucia | | | | | X | | | | | B3 | | 3.000000 |
| 7 | Lámparas fluorescentes | x | | | | x | | | | | O | | 0.250000 |
| 9 | Recipientes vacíos de sustancias en aerosol | | | x | | | | x | | | O | | 0.500000 |
| 10 | Agua contaminada | | | | X | | | | | | O | | 3.000000 |
| 11 | Solidos impregnados con esmalte y/o solventes | | | | x | | | x | | | O | | 0.500000 |
| 12 | Tierra contaminada con hidrocarburos | | | | | X | | | | | O | | 0.500000 |

| Identificación de residuos – Unidad Nonoalco | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Código de Peligrosidad de los Residuos (CPR) | | | | | | | | | | | |
| No. | Descripción del residuo peligroso | C | R | E | T | Te | Th | I | B | M | Clave genérica | No. CAS: | Cantidad (Ton/Año) |
| 14 | Combustible sucio (diésel, gasolina, combustóleo) | | | | X | | | x | | | O3 | | 1.000000 |
| 15 | Objetos punzocortantes | | | | | | | | x | | B12 | | 0.050000 |
| 16 | Residuos de anatómicos | | | | | | | | x | | B14 | | 0.050000 |
| 17 | Residuos de sustancias usadas en laboratorio | x | | | x | | | | | | O | | 1.500000 |
| 18 | Solidos impregnados con hidrocarburos (cartón, plástico, madera, bolsas, sacos, equipos de protección personal, vidrio, papel) | | | | | | | | | | SO2 | | 3.000000 |
| 19 | Carbonato de sodio | | | | x | | | | | | C2 | | 9.000000 |
| | | | | | | | | | | | **Total** | | **28.350000** |

Nota: los datos corresponden a la actualización del registro como generador de residuos peligrosos del año 2024.

La Unidad Molango cuenta, a su vez, con el Registro del Plan de Manejo de Residuos Peligrosos No. 13-PMG-I-3611-2019, autorizado mediante el Oficio No. DGGIMAR.710/0006837, de fecha 22 de agosto de 2019 **(Anexo II.16)**. Los residuos peligrosos generados en esta unidad se indican en la Tabla II.78.

***Tabla II.78. Residuos peligrosos generados en la Unidad Molango***

| Identificación de residuos - Unidad Molango | | | | |
|---|---|---|---|---|
| No. | Nombre del residuo | Características físicas | Características de peligrosidad | Cantidad de generación anual (ton) |
| 1 | Aceite lubricante gastado | Líquido | Tóxico, Inflamable | 55.19 |
| 2 | Filtros, mangueras, estopa textil y sólidos impregnados con lubricantes (PL, CAR, RC) | Sólido | Tóxico | 16.21 |
| 3 | Grasa gastada | Semisólido | Tóxico | 1.68 |
| 4 | Lodos impregnados con lubricante | Líquido | Tóxico | 1.41 |
| 5 | Lodos neutralizados (líquido de acumulador) | Líquido | Tóxico | 0.27 |
| 6 | Acumuladores | Sólido | Tóxico, Corrosivo | 0.60 |
| 7 | Baterías y balastros usados | Sólido | Tóxico | 0.10 |
| 8 | Lámparas fluorescentes | Sólido | Tóxico | 0.45 |
| 9 | Recipientes de esmalte en aerosol | Sólido | Tóxico | 0.85 |
| 10 | Diésel sucio | Líquido | Tóxico, Inflamable | 4.34 |
| 11 | Acelerador para concreto | Líquido | Tóxico, Inflamable | 3.38 |
| 12 | Residuos de laboratorio | Líquido | Tóxico, Corrosivo | 0.45 |

Nota: los datos corresponden al Registro del Plan de Manejo de Residuos Peligrosos No. 13-PMG-I-3611-2019

La Unidad Naopa cuenta, a su vez, con el Registro del Plan de Manejo de Residuos Peligrosos No. 13-PMG-I-3737-2019, autorizado mediante el Oficio No. DGGIMAR.710/0009392, de fecha 29 de noviembre de 2019 **(Anexo II.16)**. Los residuos peligrosos generados en esta unidad se indican en la Tabla II.79.

*Tabla II. 79. Residuos peligrosos generados en la Unidad Naopa*

| Identificación de residuos - Unidad Molango | | | | |
|---|---|---|---|---|
| **No.** | **Nombre del residuo** | **Características físicas** | **Características de peligrosidad** | **Cantidad de generación anual (ton)** |
| 1 | Aceite lubricante gastado | Líquido | Tóxico, Inflamable | 20 |
| 2 | Filtros, mangueras, estopa textil y sólidos impregnados con lubricantes (PL, CAR, RC) | Sólido | Tóxico | 6 |
| 3 | Acumuladores usados | Sólido | Tóxico, Corrosivo | 0.20 |
| 4 | Anticongelante usado | Líquido | Tóxico, Inflamable | 0.8 |
| 5 | Recipientes de esmalte en aerosol | Sólido | Tóxico | 0.35 |
| 6 | Grasa gastada | semisólido | Tóxico | 0.68 |
| 7 | Lámparas fluorescentes | Sólido | Tóxico | 0.1 |
| 8 | Lodos impregnados con lubricante | Sólido | Tóxico | 0.41 |
| 9 | Diésel sucio | Líquido | Tóxico, Inflamable | 0.34 |

Nota: los datos corresponden al Registro del Plan de Manejo de Residuos Peligrosos No. 13-PMG-I-3737-2019

Con el propósito de minimizar la generación cada uno de los residuos peligrosos, la empresa aplica diversas medidas (Tabla II.80).

*Tabla II.80. Medidas para la minimización de la generación de residuos peligrosos*

| Nombre del residuo | Descripción de la actividad de minimización y objetivos o metas |
|---|---|
| Aceite lubricante gastado | Aplicación del programa de mantenimiento a maquinaria y equipos. Reducción del 5% de la generación. |
| Filtros, mangueras, estopa textil y sólidos impregnados con lubricantes (PL, CAR, RC) | Aplicación de buenas prácticas de operación mediante el máximo aprovechamiento de los materiales, correcta segregación de los residuos y capacitación del personal. Reducción del 3% de la generación. |
| Grasa gastada | Aplicación de buenas prácticas de operación, correcta segregación de los residuos y capacitación del personal.<br><br>Reducción del 3% de la generación. |
| Acumuladores | |
| Diésel sucio | |
| Lodos lubricantes impregnados con hidrocarburos | Aplicación del programa de mantenimiento a trincheras y fosas de almacenamiento. Reducción del 3% de la generación. |
| Lodos neutralizados (líquido de acumulador) | Aplicación de buenas prácticas de operación, correcta segregación de los residuos y capacitación del personal. Reducción del 5% de la generación. |
| Baterías y balastros usados | Sustitución por otra tecnología que no dependa de baterías y balastros. Reducción del 3% de la generación. |
| Lámparas fluorescentes | Sustitución por otra tecnología con mayor tiempo de vida útil. Reducción del 5% de la generación. |
| Recipiente de esmalte en aerosol | Aplicación de buenas prácticas de operación mediante el máximo aprovechamiento de los materiales, correcta segregación de los residuos y capacitación del personal. Reducción del 2% de la generación. |
| Acelerador para concreto | Aplicación de buenas prácticas de operación, correcta segregación de los residuos y capacitación del personal. Reducción del 2% de la generación. |
| Residuos de laboratorio | |

Respecto de la disposición y destino final, la empresa contrata los servicios de empresas prestadoras de servicio autorizadas para el reciclaje, co-procesamiento y tratamiento (Tabla II.81).

*Tabla II.81. Destino de los residuos peligrosos*

| Destino final | Residuos peligrosos |
|---|---|
| Reciclaje | Aceite lubricante gastado; filtros, mangueras, estopa textil y sólidos impregnados con lubricantes (PL, CAR, RC); acumuladores; baterías y balastros usados; lámparas fluorescentes; diésel sucio; acelerador para concreto y *recipientes de esmalte en aerosol |

| Destino final | Residuos peligrosos |
|---|---|
| Co-procesamiento | Filtros, mangueras, estopa textil y sólidos impregnados con lubricantes (PL, CAR, RC); grasa gastada y lodos impregnados con lubricante. |
| Tratamiento | Lodos neutralizados (líquido de acumulador); lámparas fluorescentes y residuos de laboratorio |

## II.2.6.2. Residuos mineros

Las operaciones que la Compañía Minera Autlán desarrolla en sus tres unidades generan residuos mineros de tres tipos: tepetate, jales o lamas, y polvos (Tabla II.82).

*Tabla II.82. Tipo de residuos mineros generados*

| Tipo de residuo minero | Unidad generadora | Proceso generador | Sitio de disposición |
|---|---|---|---|
| Tepetate (material estéril) | Unidad Naopa | - Minado superficial | - Tepetateras |
| | Unidad Molango | - Minado subterráneo | - Reúso en relleno de mina |
| Jales (lamas) | Unidad Nonoalco | - Concentración<br>- Mesas concentradoras | - Depósitos de lodo<br>- Reprocesamiento |
| Polvos | Unidad Molango | - Nodulización | - Depósito de polvos |
| | Unidad Nonoalco | - Concentración<br>- Mesas concentradoras | - Depósito de polvos |

### II.2.6.2.1. Tepetate

El tepetate se genera las operaciones de minado, superficial y subterráneo, que se desarrollan en las unidades Naopa y Molango, respectivamente.

Conforme lo dispone la normatividad, la disposición de tepetate puede realizarse en el sito de generación, de modo que el tepetate que produce el minado del Tajo Naopa es depositado en las tepetateras con que se cuenta.

La capacidad máxima de almacenamiento de tepetate en las tepetateras asciende a 37.7 millones de toneladas.

A su vez, el tepetate que se genera con el minado subterráneo, es reutilizado en las actividades de relleno de la mina.

### II.2.6.2.2. Jales

Los jales o lamas se generan como subproducto de los procesos de concentración que realiza la Unidad Nonoalco. A través de los años de operación que por décadas se ha realizado en esta unidad, los jales, también nombrados como lamas o lodos, se han dispuesto temporalmente en obras rústicas llamadas depósitos de lodos o de jales.

Estos depósitos de jales tienen diferentes capacidades y se encuentran ubicadas dentro de un predio de la Unidad Nonoalco. Se trata, como se mencionó, de depósitos temporales, puesto que su objetivo primordial es almacenar los jales (lamas o lodos) como reservas que eventualmente serán re-procesadas en la Planta de Espirales.

### Línea base de generación

Debido a que la producción de concentrados (manganeso en diferentes grados) obedece a la demanda del mercado, - pudiendo ser sólo algunos meses al año -, la línea base de generación se calcula tomando en consideración estadísticas de los últimos años de operación.

los jales son generados durante la concentración primaria del mineral “in-situ”, particularmente en los Jigs de la Planta Concentradora. En la Figura II.137 se presenta un diagrama esquemático de este proceso, mientras que en la Figura II.138 se muestra un diagrama de flujo de la operación de la planta concentradora.

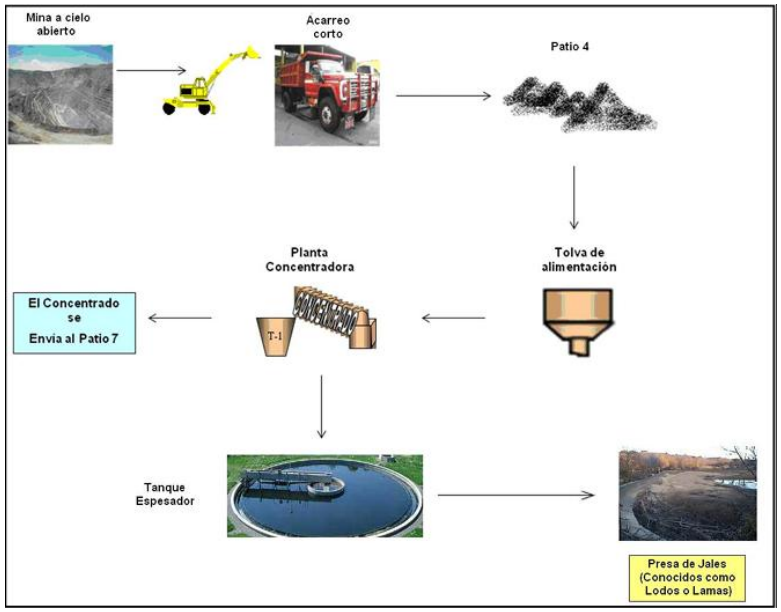



*Figura II.137. Diagrama del proceso de extracción de mineral in situ - Unidad Nonoalco*

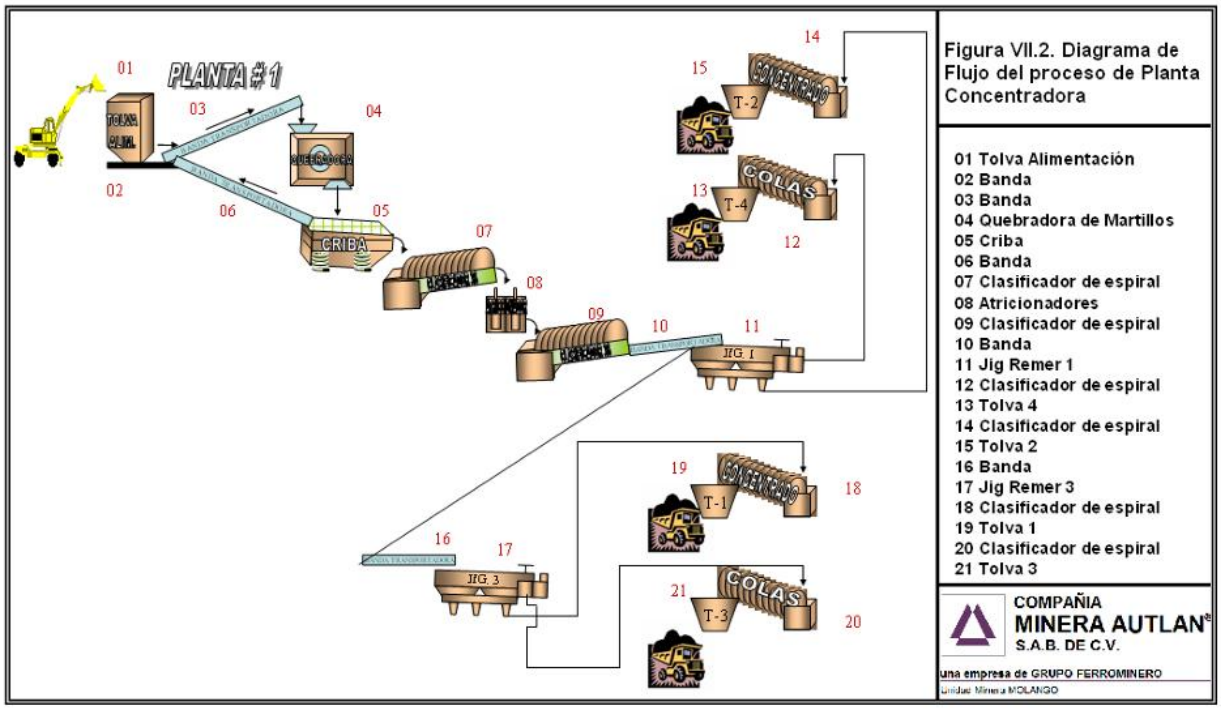



*Figura II.138. Diagrama del proceso de la Planta Concentradora - Unidad Nonoalco*

### Muestreo para determinar la peligrosidad del residuo

Con el propósito de determinar la peligrosidad de los jales generados, la compañía realizó en junio de 2009 la toma de muestras de jales depositados, y efectuó su evaluación con base en las especificaciones que indica la Norma Oficial Mexicana NOM-141-SEMARNAT-2003.

Para el análisis se hicieron muestreos de jales, de acuerdo con el "Procedimiento PO-5.7-08, muestreo de residuos" de la norma mencionada. Las muestras se tomaron en los tres tipos de lotes de jales que existen en la Unidad Nonoalco: Depósitos Agotados, Depósitos en Operación y Jales Nuevos del Tanque Asentador.

Los depósitos Agotados corresponden a jales generados y dispuestos, hace algunos años, en depósitos que ya alcanzaron su máxima capacidad de almacenamiento; mientras que los depósitos en Operación, como su nombre lo indica, corresponde a aquéllos donde aún se continúan disponiendo jales. Los Jales Nuevos son aquéllos que en el momento del muestreo se estaban generando en el Tanque Asentador de la planta.

Los análisis se efectuaron con equipo de Espectrometría de Emisión de Plasma Inductivamente Acoplado (ICP/AES), el cual posee una mayor sensibilidad y capacidad de detectar metales que el Espectrómetro de Adsorción Atómica, comúnmente usado para hacer las pruebas CRIT.

### Análisis de jales para Depósitos Agotados

Para el análisis de jales de depósitos agotados, se seleccionaron los depósitos de lodos Cajón II y Panteón.

- **Depósito de lodos Cajón II**

En el Depósito de lodos Cajón II se tomaron diez muestras. Las coordenadas de localización de los sitios de muestreo se indican en la Tabla II.83.

*Tabla II.83. Sitios de muestreo de jales – Depósito de Lodos Cajón II*

| Sitios de muestreo | | | |
|---|---|---|---|
| **No. Punto** | **N** | **W** | **Altitud** |
| 1 | 20°42.876´ | 98°42.112´ | 1723 m |
| 2 | 20°42.879´ | 98°42.107´ | 1731 m |
| 3 | 20°42.880´ | 98°42.110´ | 1725 m |
| 4 | 20°42.881´ | 98°42.102´ | 1723 m |
| 5 | 20°42.884´ | 98°42.103´ | 1719 m |
| 6 | 20°42.876´ | 98°42.099´ | 1727 m |
| 7 | 20°42.876´ | 98°42.092´ | 1717 m |
| 8 | 20°42.874´ | 98°42.090´ | 1724 m |
| 9 | 20°42.876´ | 98°42.091´ | 1717 m |
| 10 | 20°42.876´ | 98°42.094´ | 1713 m |

Los resultados del análisis al depósito Cajón II, indican que **sus jales no son generadores de ácido y que sus contenidos de metales lixiviables se encuentran muy por debajo de los límites máximos permisibles de la NOM-140-SEMARNAT-2003** (Tabla II.84).

*Tabla II.84. Resultados de análisis de jales del depósito Cajón II*

| Comparativo de resultados de la muestra compuesta de jales de los Depósitos Agotados Cajón II | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| **Balance Ácido – Base** | | | | | |
| **Parámetro** | **PN Kg $CaCO_3$/tonelada de jal** | **PA Kg $CaCO_3$/tonelada de jal** | **PN/PA** | **Límites Mínimo Permisible (LMínP)** | **Método** |
| Balance Ácido – Base | 33.92 | 0.2594 | 131 | 1.2 | NOM-141 SEMARNAT 2003. Anexo 5. Prueba II |
| **Metales Solubles Extracción con Agua en Equilibrio con CO2** | | | | | |
| **Parámetro** | **Resultado** | **Límites Máximos Permisibles (LMP)** | **Unidades** | **Método** | |
| Arsénico | < 0.043 | 5.0 | mg/L | NOM-141-SEMARNAT-2003 LMP de acuerdo con la NOM-052-SEMARNAT-2005 | |
| Bario | < 0.022 | 100.0 | mg/L | | |
| Cadmio | < 0.029 | 1.0 | mg/L | | |
| Cromo Total | < 0.028 | 5.0 | mg/L | | |
| Mercurio | < 0.0035 | 0.2 | mg/L | | |
| Plata | < 0.056 | 5.0 | mg/L | | |
| Plomo | < 0.100 | 5.0 | mg/L | | |
| Selenio | < 0.089 | 1.0 | mg/L | | |

- **Depósito de lodos Panteón**

Para el análisis de jales del depósito Panteón se tomaron diez muestras. Las coordenadas de localización de los sitios de muestreo se indican en la Tabla II.85.

*Tabla II.85. Sitios de muestreo de jales – Depósito de Lodos Panteón*

| Sitios de muestreo | | | |
|---|---|---|---|
| **No. Punto** | **N** | **W** | **Altitud** |
| 1 | 20°42.821´ | 90°42.066´ | 1 719 m |
| 2 | 20°42.812´ | 90°42.067´ | 1 719 m |
| 3 | 20°42.824´ | 90°42.068´ | 1 729 m |
| 4 | 20°42.827´ | 90°42.070´ | 1 720 m |
| 5 | 20°42.829´ | 90°42.070´ | 1 723 m |
| 6 | 20°42.830´ | 90°42.072´ | 1 721 m |
| 7 | 20°42.833´ | 90°42.074´ | 1 719 m |
| 8 | 20°42.833´ | 90°42.075´ | 1 721 m |
| 9 | 20°42.835´ | 90°42.076´ | 1 719 m |
| 10 | 20°42.838´ | 90°42.077´ | 1 719 m |

Los resultados del análisis al depósito Panteón, indican que **sus jales no son generadores de ácido y que sus contenidos de metales lixiviables se encuentran muy por debajo de los límites máximos permisibles de la NOM-140-SEMARNAT-2003** (Tabla II.86).

*Tabla II.86. Resultados de análisis de jales del depósito Panteón*

| Comparativo de resultados de la muestra compuesta de jales de los Depósitos Agotados Panteón | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| **Balance Ácido – Base** | | | | | |
| **Parámetro** | **PN Kg $CaCO_3$/tonelada de jal** | **PA Kg $CaCO_3$/tonelada de jal** | **PN/PA** | **Límites Mínimo Permisible (LMínP)** | **Método** |

| Comparativo de resultados de la muestra compuesta de jales de los Depósitos Agotados Panteón | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| Balance Ácido – Base | 8.65 | 0.0281 | 308 | 1.2 | NOM-141 SEMARNAT 2003. Anexo 5. Prueba II |
| **Metales Solubles Extracción con Agua en Equilibrio con CO2** | | | | | |
| **Parámetro** | **Resultado** | **Límites Máximos Permisibles (LMP)** | **Unidades** | **Método** | |
| Arsénico | < 0.043 | 5.0 | mg/L | NOM-141-SEMARNAT-2003 LMP de acuerdo con la NOM-052-SEMARNAT-2005 | |
| Bario | < 0.022 | 100.0 | mg/L | | |
| Cadmio | < 0.029 | 1.0 | mg/L | | |
| Cromo Total | < 0.028 | 5.0 | mg/L | | |
| Mercurio | < 0.0035 | 0.2 | mg/L | | |
| Plata | < 0.056 | 5.0 | mg/L | | |
| Plomo | < 0.100 | 5.0 | mg/L | | |
| Selenio | < 0.089 | 1.0 | mg/L | | |

## Análisis de jales para Depósitos en Operación

Para el análisis de jales de depósitos en operación, se seleccionaron los depósitos de lodos Los Patos y Block No. 3.

- **Depósito de lodo Los Patos**

En este sitio se tomaron diez muestras simples, para conformar y analizar una muestra compuesta. Las coordenadas de localización de los sitios de muestreo se indican en la Tabla II.87.

*Tabla II.87. Sitios de muestreo de jales – Depósito de Lodos Los Patos*

| Sitios de muestreo | | | |
|---|---|---|---|
| **No. Punto** | **N** | **W** | **Altitud** |
| 1 | 20°42.809´ | 98°41.927´ | 1 712 m |
| 2 | 20°42.806´ | 98°41.925´ | 1 709 m |
| 3 | 20°42.805´ | 98°41.927´ | 1 726 m |
| 4 | 20°42.756´ | 98°41.927´ | 1 704 m |
| 5 | 20°42.789´ | 98°41.931´ | 1 713 m |
| 6 | 20°42.789´ | 98°41.930´ | 1 713 m |
| 7 | 20°42.788´ | 98°41.935´ | 1 708 m |
| 8 | 20°42.786´ | 98°41.938´ | 1 706 m |
| 9 | 20°42.786´ | 98°41.950´ | 1 707 m |
| 10 | 20°42.786´ | 98°41.949´ | 1 708 m |

- **Depósito de lodos Block No. 3**

Para el análisis de jales del depósito Block No. 3, se tomaron diez muestras simples, para conformar y analizar una muestra compuesta. Las coordenadas de localización de los sitios de muestreo se indican en la Tabla II.88.

*Tabla II.88. Sitios de muestreo de jales – Depósito de Lodos Block 3*

| Sitios de muestreo | | | |
|---|---|---|---|
| **No. Punto** | **N** | **W** | **Altitud** |
| 1 | 20°42.793´ | 98°41.906´ | 1 742 m |
| 2 | 20°42.788´ | 98°41.985´ | 1 740 m |
| 3 | 20°42.773´ | 98°41.971´ | 1 742 m |
| 4 | 20°42.781´ | 98°41.978´ | 1 741 m |
| 5 | 20°42.776´ | 98°41.971´ | 1 742 m |
| 6 | 20°42.767´ | 98°41.962´ | 1 742 m |

| Sitios de muestreo | | | |
|---|---|---|---|
| **No. Punto** | **N** | **W** | **Altitud** |
| 7 | 20°42.760´ | 98°41.967´ | 1 735 m |
| 8 | 20°42.751´ | 98°41.961´ | 1 743 m |
| 9 | 20°42.743´ | 98°41.963´ | 1 730 m |
| 10 | 20°42.737´ | 98°41.956´ | 1 739 m |

Los resultados del análisis al depósito Block 3, indican que **sus jales no son generadores de ácido y que sus contenidos de metales lixiviables se encuentran muy por debajo de los límites máximos permisibles de la NOM-140-SEMARNAT-2003** (Tabla II.89).

*Tabla II.89. Resultados de análisis de jales del depósito Block 3*

| Comparativo de resultados de la muestra compuesta de jales del depósito en Operación Block 3 | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| **Balance Ácido – Base** | | | | | |
| **Parámetro** | **PN Kg $CaCO_3$/tonelada de jal** | **PA Kg $CaCO_3$/tonelada de jal** | **PN/PA** | **Límites Mínimo Permisible (LMínP)** | **Método** |
| Balance Ácido – Base | 8.64 | 0.1438 | 60.08 | 1.2 | NOM-141 SEMARNAT 2003. Anexo 5. Prueba II |
| **Metales Solubles Extracción con Agua en Equilibrio con CO2** | | | | | |
| **Parámetro** | **Resultado** | **Límites Máximos Permisibles (LMP)** | **Unidades** | **Método** | |
| Arsénico | < 0.043 | 5.0 | mg/L | NOM-141-SEMARNAT-2003 LMP de acuerdo con la NOM-052-SEMARNAT-2005 | |
| Bario | < 0.022 | 100.0 | mg/L | | |
| Cadmio | < 0.029 | 1.0 | mg/L | | |
| Cromo Total | < 0.028 | 5.0 | mg/L | | |
| Mercurio | < 0.0035 | 0.2 | mg/L | | |
| Plata | < 0.056 | 5.0 | mg/L | | |
| Plomo | < 0.100 | 5.0 | mg/L | | |
| Selenio | < 0.089 | 1.0 | mg/L | | |

### Análisis de Jales Nuevos en Tanque Asentador

El análisis de jales nuevos se realizó en 20 muestras, tomadas directamente de la purga de lodos del Tanque Asentador. Para su análisis se unieron diez muestras simples para formar una muestra compuesta, de tal forma que se analizaron dos muestras compuestas, denominadas Tanque Asentador M-1 y Tanque Asentador M-2.

Los resultados del análisis de las dos muestras compuesta de jales Nuevos Tanque Asentador M-1 y Tanque Asentador M-2, indican que **los jales no son generadores de ácido y que sus contenidos de metales lixiviables se encuentran muy por debajo de los límites máximos permisibles de la NOM-140-SEMARNAT-2003** (tablas II.90 y II.91).

*Tabla II.90. Resultados de análisis de Jales Nuevos Tanque Asentador M-1*

| Comparativo de resultados de la muestra compuesta de Jales Nuevos del Tanque Asentador M-1 | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| **Balance Ácido – Base** | | | | | |
| **Parámetro** | **PN Kg $CaCO_3$/tonelada de jal** | **PA Kg $CaCO_3$/tonelada de jal** | **PN/PA** | **Límites Mínimo Permisible (LMínP)** | **Método** |
| Balance Ácido – Base | 12.77 | 0.0344 | 371 | 1.2 | NOM-141 SEMARNAT |

| Comparativo de resultados de la muestra compuesta de Jales Nuevos del Tanque Asentador M-1 | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | 2003. Anexo 5. Prueba II |
| **Metales Solubles Extracción con Agua en Equilibrio con CO2** | | | | | |
| **Parámetro** | **Resultado** | **Límites Máximos Permisibles (LMP)** | **Unidades** | **Método** | |
| Arsénico | < 0.043 | 5.0 | mg/L | NOM-141-SEMARNAT-2003 LMP de acuerdo con la NOM-052-SEMARNAT-2005 | |
| Bario | < 0.022 | 100.0 | mg/L | | |
| Cadmio | < 0.029 | 1.0 | mg/L | | |
| Cromo Total | < 0.028 | 5.0 | mg/L | | |
| Mercurio | < 0.0035 | 0.2 | mg/L | | |
| Plata | < 0.056 | 5.0 | mg/L | | |
| Plomo | < 0.100 | 5.0 | mg/L | | |
| Selenio | < 0.089 | 1.0 | mg/L | | |

*Tabla II.91. Resultados de análisis de Jales Nuevos Tanque Asentador M-2*

| Comparativo de resultados de la muestra compuesta de Jales Nuevos del Tanque Asentador M-2 | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| **Balance Ácido – Base** | | | | | |
| **Parámetro** | **PN Kg $CaCO_3$/tonelada de jal** | **PA Kg $CaCO_3$/tonelada de jal** | **PN/PA** | **Límites Mínimo Permisible (LMínP)** | **Método** |
| Balance Ácido – Base | 9.97 | 0.0438 | 224 | 1.2 | NOM-141 SEMARNAT 2003. Anexo 5. Prueba II |
| **Metales Solubles Extracción con Agua en Equilibrio con CO2** | | | | | |
| **Parámetro** | **Resultado** | **Límites Máximos Permisibles (LMP)** | **Unidades** | **Método** | |
| Arsénico | < 0.043 | 5.0 | mg/L | NOM-141-SEMARNAT-2003 LMP de acuerdo con la NOM-052-SEMARNAT-2005 | |
| Bario | < 0.022 | 100.0 | mg/L | | |
| Cadmio | < 0.029 | 1.0 | mg/L | | |
| Cromo Total | < 0.028 | 5.0 | mg/L | | |
| Mercurio | < 0.0035 | 0.2 | mg/L | | |
| Plata | < 0.056 | 5.0 | mg/L | | |
| Plomo | < 0.100 | 5.0 | mg/L | | |
| Selenio | < 0.089 | 1.0 | mg/L | | |

Como se aprecia en lo resultados expuestos, los análisis efectuados indican que los jales de **los diferentes lotes analizados no son generadores potenciales de drenaje ácido, en virtud de que los resultados de la relación PN/PA de todas las muestras se mantuvieron muy por encima del límite mínimo permisible de 1.2, de acuerdo a lo que señala la NOM-141-SEMARNAT-2003. Asimismo, no generan metales lixiviados con agua en equilibrio con $CO_2$ o "agua meteórica", en concentraciones detectables**.

### Generación anual estimada

Con base en datos promedio de los últimos años, se estima que anualmente se generan 38,784 toneladas de jales. Sin embargo, se han tenido años con cifras cercanas a las 50,000 y 55,000 toneladas/año, ya que, como se ha indicado, la planta que los genera no opera continuamente (Tabla II.92 y Figura II.139).

*Tabla II.92. Producción anual de jales – Unidad Nonoalco*

| Año | Producción de jales (toneladas/año) | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | 2005 | 2006 | 2007 | 2008 | 2009 | 2024 |
| Generación de Jales (Ton/año) | 52,553.83 | 35,533.83 | 38,674.78 | 46,809.50 | 20,348.00 | 55,000.00 |

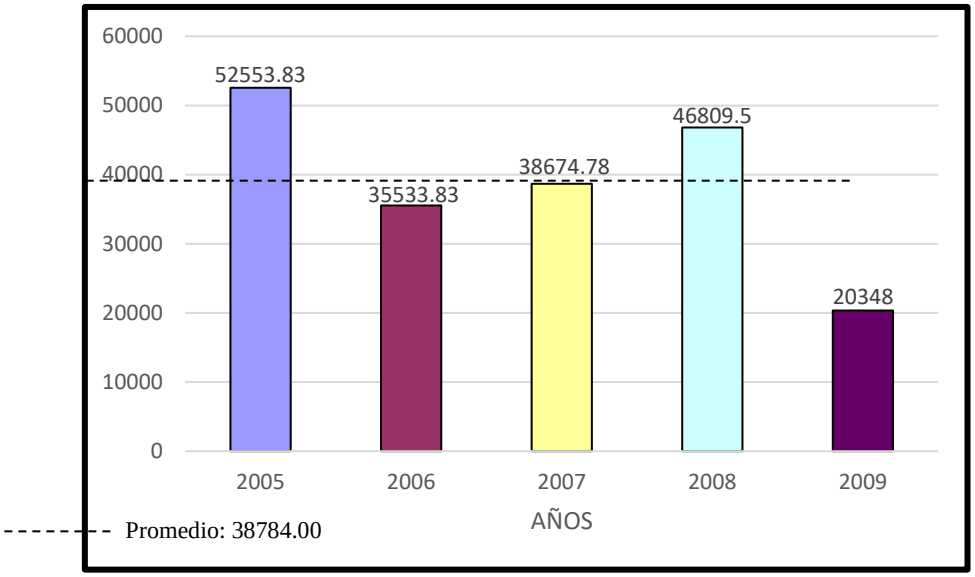



*Figura II.139. Generación de jales Período 2005 a 2009 - Unidad Nonoalco*

## Valorización y Aprovechamiento de Jales

Los depósitos de jales de la Unidad Nonoalco fueron concebidos como depósitos temporales de material de reserva para la producción de óxidos de manganeso, ya que contienen aún cantidades útiles de manganeso aprovechable (Tabla II.93).

*Tabla II.93. Contribución de los jales en la producción de óxidos de manganeso – Unidad Nonoalco*

| Resumen de Alimentación de Minerales y Reservas, así como Producción de Minerales y Generación de Jales y Colas | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| **Año** | **2005** | **2006** | **2007** | **2008** | **2009** |
| **Alimentación de Minerales "in situ" y Reservas (ton/año)** | | | | | |
| Material "in situ" | 58,925.98 | 61,318.25 | 31,066.13 | 41,085.23 | 30,243.86 |
| Colas | 10,952.74 | 3,499.79 | 21,437.51 | 11,084.50 | 7,286.11 |
| Jales | 19,580.26 | 14,305.90 | 30,135.00 | 38,503.00 | 1,171.00 |
| **Producción de Minerales y Generación de Jales y Colas Secundarias (ton/año)** | | | | | |
| Productos | 9,010.51 | 28,142.99 | 21,664.70 | 19,258.54 | 5,274.28 |
| Jales a Depósitos | 52,553.83 | 35,533.83 | 38,674.78 | 46,809.50 | 20,348.00 |
| Colas | 27,696.40 | 15,360.92 | 22,217.99 | 24,554.45 | 11,683.00 |

Actualmente existen 18 depósitos de jales con 904,369 $m^3$ de material almacenado en aproximadamente 13 hectáreas (Tabla II.94).

*Tabla II.94. Volúmenes de los depósitos de jales existentes - Unidad Nonoalco*

| No. | Depósito de jales | Volumen almacenado ($m^3$) | Superficie (ha) |
|---|---|---|---|
| 1 | Depósito Norte De Alumbres 1 | 35,600.00 | 0.5645 |
| 2 | Depósito Norte De Alumbres 2 | 41,895.00 | 0.8672 |
| 3 | Depósito Sur De Buenavista | 130,000.00 | 1.5628 |
| 4 | Depósito Cajón II | 60,806.00 | 0.7698 |
| 5 | Depósito Block 3 | 19,615.00 | 0.6282 |
| 6 | Depósito Stock 7-1 | 69,040.00 | 0.8943 |
| 7 | Depósito Cerro Prieto Norte 1 | 33,000.00 | 0.1891 |
| 8 | Depósito Cerro Prieto Norte 2 | 22,939.20 | 0.8366 |
| 9 | Depósito Cerro Prieto Sur | 92,244.00 | 0.4126 |
| 10 | Depósito Los Patos | 23,565.00 | 0.4000 |
| 11 | Depósito Stock 7-2 | 46,660.00 | 0.7323 |
| 12 | Depósito Cerro Prieto IV | 120,000.00 | 1.1255 |
| 13 | Depósito No.1 | 6,780.00 | 0.3174 |
| 14 | Depósito No.2 | 8,475.00 | 0.4329 |
| 15 | Depósito No.3 | 7,630.00 | 0.6000 |
| 16 | Depósito No.4 | 10,170.00 | 0.4347 |
| 17 | Depósito Regulación | 30,000.00 | 0.3642 |
| 18 | Depósito Panteón | 218,850.00 | 1.5587 |
| | **Total:** | **977,269.20** | **12.6908** |

Considerando los contenidos de manganeso que aún poseen los jales, Compañía Minera Autlán realiza su aprovechamiento (valorización), a través de dos mecanismos:

- El re-procesamiento en la Planta de Espirales y en la nave de mesas concentradoras ya descrito anteriormente, y
- La valorización y aprovechamiento de jales con terceros.

Esta segunda vía de valorización de los jales forma parte del compromiso de la empresa de "Producir sin Contaminar", de manera que, comprendiendo la importancia de minimizar el impacto de los depósitos de jales, como un pasivo ambiental, se promueve su valorización y su aprovechamiento con terceros, para la fabricación pisos cerámicos, utilizando como materia las arcillas y lamas finas de los jales y del Tajo Naopa.

Con esta nueva área de oportunidad, Compañía Minera Autlán, además de impulsar una economía circular, evita la apertura de nuevas presas y depósitos.

Considerando lo anterior, la empresa actualizará su Plan de Manejo de Jales ante la autoridad ambiental.

#### II.2.6.2.1. Polvos

Los polvos que generan los procesos de las unidades Molango y Nonoalco se gestionan ambientalmente a través de los colectores y casas de sacos, con disposición final *in situ*.

Para la Unidad Molango, el Plan de Manejo de estos residuos se encuentra registrado ante la SEMARNAT con el Número de Registro 13-PMM-I-0038-2010 **(Anexo II.16)**, en el cual se hace constar un volumen de 50,000 toneladas manejado anualmente.

A continuación, se resumen las etapas del manejo de los polvos.

### Colección y humidificación de los polvos

Los polvos generados en los procesos de nodulización son captados por un colector positivo de 10 compartimentos y 1,800 bolsas de fibra de vidrio. El polvo atrapado es almacenado en tolvas metálicas, ubicadas en la parte inferior de cada compartimento, las cuales son desalojadas por válvulas rotativas que descargan en dos transportadores helicoidales, transportando el polvo a un cuarto donde es almacenado temporalmente. Posteriormente el polvo es rociado con agua continua, con lo que se eleva su humedad de 22 al 25 % para evitar emisiones fugitivas.

### Almacenamiento temporal intermedio

Los polvos del cuarto de almacenamiento se desalojan y deposita en una ubicación temporal, con el fin de que pierdan el exceso de agua y alcancen una humedad de 12 a 15 %.

### Disposición “in situ” de polvos húmedos

Alcanzando la humedad requerida, el polvo es desalojado del almacén temporal intermedio para su almacenamiento a la intemperie. Para ello se emplea la técnica de volteo en el talud actual de la Zona Activa. Esta zona está dividida por bandas activas, con el objetivo de tener tiempo suficiente de solidificación y reducir el riesgo de desplazamiento.

### Siembra de pasto en áreas inactivas

Se realiza con el objetivo de controlar el depósito de polvos y su estabilidad, minimizando el arrastre y perdida.

### Estructura de retención de polvos

Se desarrolló un estudio hidrológico para el diseño de una estructura de retención de polvos que permita minimizar y prevenir afectaciones por posibles derrumbes de talud, debido a fenómenos meteorológicos de origen pluvial.

## II.2.6.3. Residuos de manejo especial

En la Tabla II.95 se muestra el número de Registro de RME así como la lista del tipo de residuos que se generan en las operaciones de la mina.

*Tabla II.95. Tipo de residuos de manejo especial generados en la Unidad Naopa*

| Residuos que son recolectados | No. Registro RME | Nombre de la empresa generadora | Domicilio |
|---|---|---|---|
| • Papel<br>• Cartón<br>• Chatarra (limadura de metales)<br>• Plásticos<br>• Vidrios<br>• Neumáticos de desechos | RME-645-2010<br><br>Oficios de Modificación:<br>SEMARNATH/DGCC/DCS/01/2021<br>SEMARNATH/DGCC/DCS/201/2022 | Compañía Minera Autlán, S. A. B. de C.V. | Zona industrial Otongo kilómetro 162 casetas, carretera México – Tampico vía corta Ayotetla, municipio de Lolotla, Hidalgo. |
| • Plásticos (PET)<br>• Papel<br>• Cartón<br>• Vidrio<br>• Chatarra<br>• Neumáticos de desecho | RME-1351-2016 | Compañía Minera Autlán, S. A. B. de C.V. (Unidad Naopa) | Kilómetro 7 carretera Tlaxcango – Naopa municipio de Molango de Escamilla Hidalgo. |
| • Plásticos (PET)<br>• Papel | RME-1358-2016 | Compañía Minera Autlán, S. A. B. de C.V. (Unidad Nonoalco) | Kilómetro 111 carretera Pachuca – Tampico, |

| Residuos que son recolectados | No. Registro RME | Nombre de la empresa generadora | Domicilio |
|---|---|---|---|
| • Cartón<br>• Vidrio<br>• Chatarra<br>• Neumáticos de desecho | | | Nonoalco, municipio de Xochicatlán, Hidalgo. |

Volumen de generación de los principales residuos de manejo especial generados en la Unidad Molango, señalados en el registro RME-645-2010 de fecha 25 de junio de 2010 y sus modificaciones SEMARNATH/DGCC/DCS/01/2021 y SEMARNATH/DGCC/DCS/201/2022. Tabla II.96.

*Tabla II. 96. Volúmenes de generación de residuos de manejo especial Unidad Molango*

| Orgánicos | Cantidad | Unidad |
|---|---|---|
| Madera | 0.35 | ton/año |
| **Inorgánicos** | **Cantidad** | **Unidad** |
| Tóner de impresora<br>Fibra de vidrio<br>Limadura de metales<br>Residuos de equipos electrónicos<br>Mangas filtrantes en desuso | 0.3<br>0.3<br>0.8<br>0.7<br>0.3 | ton/año |

Volumen de generación de los principales residuos de manejo especial generados en la Unidad Naopa, señalados en el registro RME-1351-2016 de fecha 15 de noviembre de 2016. Tabla II.97.

*Tabla II.97. Volúmenes de generación de residuos de manejo especial Unidad Naopa*

| Orgánicos | Cantidad | Unidad |
|---|---|---|
| Cartón<br>Papel<br>Madera | 0.5<br>0.1<br>0.5 | ton/año |
| **Inorgánicos** | **Cantidad** | **Unidad** |
| Chatarra<br>Llantas usadas<br>Hule<br>PET<br>Tóner de impresora<br>Vidrio<br>Aluminio | 10.00<br>0.2<br>0.3<br>0.2<br>0.1<br>0.5<br>0.5 | ton/año |

Volumen de generación de los principales residuos de manejo especial generados en la Unidad Nonoalco, señalados en el registro RME-1358-2016 de fecha 14 de diciembre de 2016. Tabla II.98

*Tabla II. 98. Volúmenes de generación de residuos de manejo especial Unidad Nonoalco*

| Orgánicos | Cantidad | Unidad |
|---|---|---|
| Cartón<br>Papel | 0.24<br>0.12 | ton/año |
| **Inorgánicos** | **Cantidad** | **Unidad** |
| Plástico PET<br>Hule<br>Llantas usadas | 0.12<br>0.36<br>0.65 | ton/año |

| Orgánicos | Cantidad | Unidad |
|---|---|---|
| Vidrio | 0.96 | |
| Chatarra | 12.0 | |
| Aluminio | 0.60 | |
| Tóner de impresora | 0.10 | |

## II.2.7. Generación de gases efecto invernadero

**Compañía Minera Autlán** estima anualmente las emisiones directas e indirectas de Bióxido de Carbono Equivalente (Tabla II.99). Sólo en la Unidad Molango, el valor de las emisiones ha sido mayor a las 25,000 $tCO_2eq$ que indica la normatividad como umbral para ser reportadas (5,862.04 $tCO_2eq$ en 2023).

*Tabla II.99.Emisiones de gases de efecto invernadero*

| | Molango | Nonoalco | Naopa |
|---|---|---|---|
| Emisiones Directas de Gases Efecto Invernadero Alcance 1 ($CO_2eq$) | 391,664.58 | 2,705.41 | 5,790.04 |
| Emisiones Indirectas de Gases Efecto Invernadero Alcance 2 ($CO_2eq$) | 0.00 | 1,061.17 | 72.01 |
| Emisiones Totales de Gases Efecto Invernadero ($CO_2eq$) | 391,664.58 | 3,766.57 | 5,862.0 |

Asimismo, la Unidad de Molango está participando de manera voluntaria en el Sistema de Comercio de Emisiones, instrumento de mercado diseñado para reducir emisiones de gases de efecto invernadero (GEI). Este mecanismo se basa en el principio de "tope y comercio", que consiste en establecer un tope máximo sobre las emisiones totales, en este caso, del sector minería, que debe de ser reducido cada año, tomado como base el período 2021. Para ello, se debe presentar un derecho de emisión por cada tonelada de $CO_2$ que se emite. Donde se puede recibir o comprar derechos, y así comerciar con otras compañías del Sistema.

## II.2.8. Energía disipada por las operaciones del proyecto

Para la Unidad Naopa se ha realizado la estimación de la energía disipada por sus operaciones. En el caso de las unidades Molango y Nonoalco, dicho análisis se integrará una vez que se haya autorizado este proyecto.

A continuación, se expone el análisis efectuado para determinar la energía que es disipada por las operaciones en la Unidad Naopa.

En el desarrollo de la explotación y acarreo de mineral y tepetate en las operaciones mineras, la energía se disipa de varias maneras. A continuación, se detallan los ejemplos específicos y se cuantifica la energía disipada por el uso de 805,074.54 litros de diésel. Se utiliza este valor ya que fue el volumen proyectado para las operaciones durante el año 2024.

### Operaciones mineras

- **Perforación y Voladura**:

  **Perforadoras**: La energía mecánica utilizada por las perforadoras para hacer agujeros en la roca se disipa principalmente en forma de calor generado por la fricción entre la broca y la roca. También se disipa en forma de vibraciones y ruido.

**Explosiones Controladas**: La energía liberada por los explosivos al momento de las voladuras se disipa en forma de ondas sísmicas y vibraciones que se propagan a través del terreno. Además, parte de la energía se convierte en ruido y fragmentación de la roca.

- **Carga y Acarreo:**

  **Palas Mecánicas y Cargadores**: La energía utilizada para operar las palas y cargadores se disipa en forma de calor debido a la fricción en las articulaciones y el esfuerzo mecánico. También se genera calor en los sistemas hidráulicos.

  **Camiones de Acarreo**: La energía consumida por los motores de los camiones de acarreo se disipa en forma de calor en los motores, frenos y neumáticos. La fricción entre las ruedas y el suelo también disipa energía.

- **Operación de Maquinaria Pesada:**

  **Excavadoras y Bulldozers**: La energía utilizada por estas máquinas se disipa en forma de calor en los motores, sistemas hidráulicos y fricción en las piezas móviles. Además, las vibraciones y el ruido generado contribuyen a la disipación de energía.

En la Tabla II.100 se presenta el resumen de las operaciones que disipan energía.

*Tabla II.100. Operaciones que disipan energía*

| Proceso | Tipo de Energía Disipada | Descripción Detallada |
|---|---|---|
| Perforación y Voladura | Calor, vibraciones, ruido | Perforadoras: Calor por fricción de brocas, vibraciones de la máquina, ruido. Explosiones: Ondas sísmicas, fragmentación de roca, ruido. |
| Carga del Mineral | Calor, fricción, vibraciones, ruido | Palas Mecánicas y Cargadores: Calor en motores, fricción en articulaciones y sistemas hidráulicos, vibraciones y ruido. |
| Transporte de Material | Calor, fricción, ruido, vibraciones | Camiones de Acarreo: Calor en motores, frenos, neumáticos, sistemas de transmisión; fricción y desgaste; ruido y vibraciones durante el transporte. |

En la Tabla II.101 se indica la maquinaria usada en las operaciones, así como el consumo de combustible en un año, considerando una intensidad de operación media.

*Tabla II.101. Maquinaria y equipo empleado en las operaciones*

| Equipo | Marca | Modelo | Consumo (litros/h) | Operación (h/año) | Consumo Diesel (litros) | Tiempo (horas/mes) | Equipos (No.) | Real (No. Equipos) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Excavadora | Caterpillar | 374 | 40.00 | 2,204.05 | 88,162.10 | 275.51 | 0.9 | 1 |
| Excavadora | Caterpillar | 336 | 25.00 | 566.77 | 14,169.33 | 70.85 | 0.2 | 1 |
| Camiones | Caterpillar | 775 | 40.00 | 7,591.74 | 303,669.46 | 948.97 | 3.3 | 4 |
| Tractores | Caterpillar | D8 | 30.00 | 5,518.27 | 165,548.24 | 689.78 | 2.2 | 2 |
| Perforadora | Sandvik | Leopard | 42.50 | 2,192.77 | 93,192.62 | 274.10 | 0.9 | 1 |
| Cargador | Caterpillar | 988 | 35.00 | 1,280.00 | 44,800.00 | 160.00 | | 1 |
| Vehículos | Varios | | 40.00 | | 9,600.00 | - | | |
| Tractor | Caterpillar | D6 | 29.00 | 1,120.0 | 32,480.00 | 140.00 | | 1 |
| Motoconformadora | Caterpillar | 140 | 10.00 | 1,280.0 | 12,800.00 | 160.00 | | 1 |
| Excavadora | Caterpillar | 320 | 14.00 | 1,120.0 | 15,680.00 | 140.00 | | 1 |
| Retroexcavadora | Komatsu | WB97R | 10.00 | 400.0 | 4,000.00 | 50.00 | | 1 |
| Pipas | Varios | | 100.00 | - | 16,000.00 | - | | 2 |
| Vibrocompactador | Dynapac | | 6.08 | 160.0 | 972.80 | 20.00 | | 1 |
| Bomba | Gorman Rupp | | 2.00 | 800.0 | 1,600.00 | 100.00 | | 1 |
| Bomba | Deere | | 3.00 | 800.0 | 2,400.00 | 100.00 | | 1 |
| | | | | 25,033.60 | 805,074.54 | | | |

Para calcular la energía disipada por el uso de 805,074.54 litros de diésel, es necesario conocer el valor energético del diésel. El valor calorífico del diésel es aproximadamente 35.8 (MJ/l).

Así, se tiene que el Cálculo de la Energía Total es:

$$\text{Energía Total} = \text{Volumen de Diésel} \times \text{Valor Calorífico}$$

$$\text{Energía Total} = 805{,}074.54\ \text{L} \times 35.8\ \text{MJ/L}$$

**Energía Total=28,821,668.53 MJ**

Para la conversión a Kilovatios-hora (kWh):

1 megajulio (MJ) es igual a 0.2778 kilovatios-hora (kWh).

$$\text{Energía Total(kWh)} = 28{,}821{,}668.53\ \text{MJ} \times 0.2778\ \text{MJ/kWh}$$

**Energía Total(kWh)= 8,006,659.52 kWh**

### II.2.8.1. Distribución de la Energía Disipada

Para una distribución aproximada, se consideran las siguientes proporciones, basadas en experiencias comunes en la minería:

**Perforación y Voladura**:

$$\text{Energía Perforación y Voladura} = 8{,}006{,}659.52\ \text{kWh} \times 0.10 = 800{,}665.95\ \text{kWh}$$

**Carga del Mineral:**

$$\text{Energía Carga del Mineral} = 8{,}006{,}659.52\ \text{kWh} \times 0.20 = 1{,}601{,}331.90\ \text{kWh}$$

**Transporte de Material (Camiones de Acarreo):**

$$\text{Energía Transporte de Material} = 8{,}006{,}659.52\ \text{kWh} \times 0.60 = 800{,}665.95\ \text{kWh}$$

Los valores obtenidos se resumen en la Tabla II.102.

***Tabla II.102. Distribución de la energía disipada en las operaciones***

| Proceso | Proporción | Energía (kWh) |
|---|---|---|
| Perforación y Voladura | 10% | 800,665.95 |
| Carga del Mineral | 20% | 1,601,331.90 |
| Transporte de Material | 60% | 4,803,995.71 |

Estos cálculos muestran cómo la energía derivada del consumo de diésel se distribuye y disipa en diferentes procesos durante la explotación y acarreo de mineral y tepetate en las operaciones mineras, en un año operativo.

## II.3. Cumplimiento de Términos y Condicionantes

Hasta la fecha, Compañía Minera Autlán ha dado cumplimiento en tiempo y forma a todos los términos y condicionantes que le han sido impuestas por la autoridad ambiental, en las diversas autorizaciones que le han sido otorgadas.

La Tabla II.103 contiene un resumen del estatus de cumplimiento de todos los Términos y Condicionantes a los que actualmente están sujetas las obras y actividades incluidas en las autorizaciones que **Compañía Minera Autlán** tiene para los Tajos Naopa y Acuatitla, así como de las Medidas de Mitigación de ambos proyectos.

Considerando esas autorizaciones, **Compañía Minera Autlán** debe atender **253 disposiciones**, de las cuales el 63% es de Términos y Condicionantes, y el 7 % corresponde a medidas de mitigación. Estas prácticas tienen un alto grado de cumplimiento, lo cual queda evidenciado en que, por un lado, la mayoría se catalogan con el estatus de Cumplimiento Oportuno; y, por otra parte, en que no se presentan incumplimientos.

*Tabla II.103. Distribución del estatus de cumplimiento por tipo de disposición*

| Proyecto y tipo de disposición | Estatus de cumplimiento | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Cumplida | Cumplimiento Oportuno | En Stand By | Sin Obligación | Cumplimiento Parcial | Cumplimiento Extemporáneo | Incumplimiento | Total de disposiciones |
| Naopa_TyC | 9 | 95 | 9 | 46 | 9 | 0 | 0 | 168 |
| Acuatitla_TyC | 3 | 44 | 3 | 9 | 9 | 0 | 0 | 68 |
| Naopa_Medidas mitigación | 1 | 7 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 8 |
| Acuatitla_Medidas mitigación | 2 | 7 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 9 |
| Total | 15 | 153 | 12 | 55 | 18 | 0 | 0 | 253 |

Es importante señalar que el Cumplimiento Parcial registrado para 18 disposiciones es de índole administrativa, específicamente a la falta de comunicación por parte de **Compañía Minera Autlán** con la autoridad ambiental. Esto se debe a que, aunque las obligaciones correspondientes sí han sido cumplidas, no se han reportado oportunamente a la autoridad. Cabe destacar que este incumplimiento en el reporte no ha ocasionado deterioro, ni representa un riesgo ambiental, ya que las acciones requeridas han sido realizadas de manera adecuada, pero no se han informado debidamente.

En la siguiente gráfica (Figura II.140) se muestra la distribución porcentual de los diferentes estatus considerados en la evaluación de los Términos y Condicionantes y de las Medidas de Mitigación. Casi dos terceras partes (60 %) del total de las disposiciones corresponde a la categoría Cumplimiento Oportuno, que se refiere a las disposiciones cuya realización es continua, es decir, no se trata de acciones puntuales. En segundo lugar, con 22 %, está el grupo de las disposiciones Sin Obligación, que corresponde a los Términos del resolutivo que contienen información del proyecto o del procedimiento, y no implica un deber para **Compañía Minera Autlán**; tal es el caso de los términos que describen el proyecto, definen el alcance de la autorización o las atribuciones de la autoridad. El tercer lugar lo ocupa el estatus de Cumplimiento Parcial, con un 7 %; en este caso la empresa ha cumplido en tiempo con parte de las obligaciones, pero existe algún pendiente por cumplir. Las obligaciones Cumplidas alcanzan un 6 % y se refiere a las acciones concretas que ya fueron ejecutadas.

El estatus de Stand by (5 %) comprende medidas que no se han realizado porque el proyecto no se encuentra en cierta etapa o porque aún no se han dado ciertas condiciones bajo las cuales se ha de cumplir alguna disposición, tal es el caso del desistimiento de las autorizaciones. No se registraron categorías de Incumplimiento ni Cumplimiento Extemporáneo. Con estos resultados queda manifiesto el alto nivel de respeto y atención que la empresa otorga a las obligaciones establecidas en los resolutivos, tanto de Términos y Condicionantes, así como de Medidas de Mitigación.

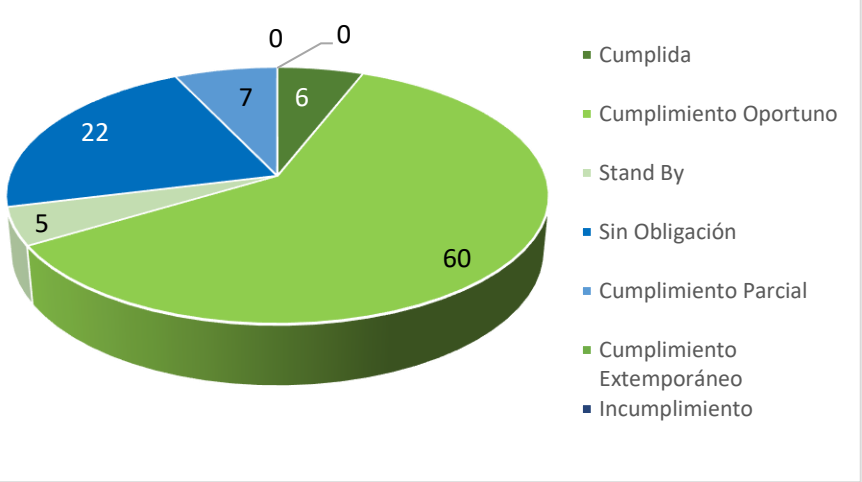



*Figura II.140 Distribución porcentual de los diferentes estatus de cumplimiento de TyC y medidas de mitigación*

En conclusión, el análisis de cumplimiento de obligaciones ambientales de la **Compañía Minera Autlán** (CMA) en los proyectos Tajo Naopa y Tajo Acuatitla, proporciona una visión integral del grado de acatamiento de los Términos y Condicionantes (TyC) y de las Medidas de Mitigación establecidas en los oficios resolutivos desde 1997 hasta la actualidad. A lo largo de este documento, se han revisado los diferentes aspectos normativos, operativos y ambientales, evidenciando la gestión de CMA en el desempeño de las disposiciones aplicables y su compromiso con la mitigación de impactos ambientales.

Los resultados del análisis de cumplimiento de Términos y Condicionantes indican que la compañía mantiene un alto nivel de desempeño de las obligaciones establecidas por la autoridad ambiental. Asimismo, ha cumplido con las Medidas de Mitigación estipuladas en sus Manifestaciones de Impacto Ambiental. Esto queda evidenciado en que no se detectan incumplimientos y que el 100 % de las disposiciones han sido o están siendo atendidas; o bien, están en espera de ser ejecutadas, cuando se presenten las circunstancias que les apliquen.

A lo largo de casi treinta años, se ha constatado que la empresa ha implementado estrategias para garantizar la estabilidad de los taludes, la conservación de suelos y agua, la correcta gestión de residuos, así como programas y planes de monitoreo y educación ambiental. Además, los informes presentados reflejan la continuidad en la supervisión de estos aspectos, fortaleciendo la transparencia en sus operaciones. No obstante, si bien gran parte de las obligaciones han sido atendidas oportunamente, es crucial que exista una mejora continua, asegurando la actualización de estrategias conforme a la normativa vigente y a las mejores prácticas ambientales.

Las disposiciones de los Términos y Condicionantes, y de las Medidas de Mitigación cuya ejecución es permanente o recurrente, han sido trasladadas a la presente MIA-R, dentro del correspondiente Capítulo VI. De esta manera, **Compañía Minera Autlán** hace patente a la autoridad ambiental que mantendrá el alto nivel de cumplimiento de todas las disposiciones que le son aplicables.

Finalmente, este análisis subraya la importancia de la continuidad en la supervisión y cumplimiento de los compromisos ambientales, garantizando que las obligaciones del nuevo proyecto integrador no sólo sean acatadas en el corto plazo, sino que contribuyan a un modelo de operación minera más sostenible y responsable a largo plazo. La adecuada gestión de estos factores permitirá no solo el cumplimiento normativo, sino también una mejor relación con las comunidades y el entorno en el que opera la compañía.

Es de esperar que, con la emisión de una resolución integral a este proyecto integrador, el desempeño ambiental y su supervisión se faciliten, tanto a la empresa, como a la autoridad, permitiendo una gestión administrativa más eficiente y eficaz.

La comprobación detallada y documental de dicho cumplimiento se incluye en el **Anexo II.17** de este documento.

MIA

Manifestación de Impacto Ambiental Modalidad Regional

AUTLAN®

# Capítulo III.

## Vinculación con los instrumentos de planeación y ordenamientos jurídicos aplicables

SANAT

Soluciones en Gestión Ambiental



Distrito Minero AUTLÁN

# ÍNDICE GENERAL

III. Vinculación con los instrumentos de planeación y ordenamientos jurídicos aplicables ..... 1
III.1. Instrumentos jurídicos ..... 2
III.1.1. Constitución Política De Los Estados Unidos Mexicanos ..... 11
III.1.2. Ley de Minería ..... 12
III.1.3. Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente ..... 14
III.1.4. Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable ..... 27
III.1.5. Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos ..... 28
III.1.6. Ley de Aguas Nacionales ..... 32
III.1.7. Ley General de Cambio Climático ..... 37
III.1.8. Ley Federal de Responsabilidad Ambiental ..... 39
III.1.9. Ley Federal de Protección del Patrimonio Cultural de los Pueblos y Comunidades Indígenas y Afromexicanas ..... 40
III.1.10. Ley Federal de Amas de Fuego y Explosivos ..... 41
III.1.11. Conclusiones del Apartado ..... 42
III.2. Leyes Estatales ..... 46
III.2.1. Ley para la Protección al Ambiente del Estado de Hidalgo ..... 46
III.2.2. Ley de Prevención y Gestión Integral de Residuos del estado de Hidalgo ..... 51
III.3. Planes de Ordenamiento Ecológico del Territorio ..... 52
III.3.1. Programa de Ordenamiento Ecológico General del Territorio ..... 52
III.3.2. Programa de Ordenamiento Ecológico Territorial del Estado de Hidalgo ..... 62
III.3.2.1. Análisis de incompatibilidades ..... 70
III.3.2.2. Criterios Ecológicos del POETEH aplicables a las nuevas áreas y actividades ..... 71
III.3.2.2.1. Tepetatera Guadalupe ..... 71
III.3.2.2.2. Relleno sanitario ..... 75
III.3.2.2.3. Áreas de Interes de Exploración ..... 78
III.3.2.2.4. Áreas de Evaluación Geológica ..... 79
III.3.2.2.5. Áreas Verdes ..... 80
III.3.3. Programas de Ordenamiento Territorial municipales ..... 82
III.4. Decretos y programas de conservación y manejo de áreas naturales protegidas ..... 82
III.5. Áreas de importancia para la conservación ..... 84
III.6. Planes o programas municipales de desarrollo urbano ..... 88
III.7. Normas Oficiales Mexicanas ..... 88

III.7.1. Normas Oficiales Mexicanas generales en materia ambiental ....88
III.7.2. Normas Oficiales Mexicanas en materia ambiental específicas para minería ....92
III.7.3. Normas Oficiales Mexicanas de referencia ....96
III.8. Instrumentos Sectoriales ....100
III.8.1. Plan Nacional de Desarrollo ....100
III.8.2. Programa Sectorial de Medio Ambiente y Recursos Naturales ....101
III.8.3. Estrategia Nacional de Cambio Climático ....104
III.8.3.1. Programa Especial de Cambio Climático 2021-2024 ....106
III.8.3.2. Análisis de vulnerabilidad y adaptación del proyecto al cambio climático ....107
III.9. Acuerdos y tratados internacionales ....107
III.10. Factibilidad jurídica del proyecto ....108

# ÍNDICE DE TABLAS

Tabla III.1 Instrumentos regulatorios aplicables al proyecto “Unidad Minera Naopa” ..... 7
Tabla III.2 Vinculación del proyecto con la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos ..... 11
Tabla III.3 Vinculación del proyecto con la Ley de Minería ..... 12
Tabla III.4 Vinculación del proyecto con la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente ..... 15
Tabla III.5 Vinculación del proyecto con el Reglamento de la LGEEPA en materia de Evaluación del Impacto Ambiental ..... 22
Tabla III.6 Vinculación del proyecto con el Reglamento de la LGEEPA en materia de Prevención y Control de la Contaminación de la Atmósfera ..... 24
Tabla III.7 Vinculación del proyecto con el Reglamento de la LGEEPA en materia de Registro de Emisiones y Transferencia de Contaminantes ..... 26
Tabla III.8 Vinculación del proyecto con la Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable y su reglamento ..... 27
Tabla III.9 Vinculación del proyecto con la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos y su reglamento ..... 29
Tabla III.10 Vinculación del proyecto con la Ley de Aguas Nacionales y su reglamento ..... 32
Tabla III.11 Vinculación del proyecto con La Ley General de Cambio Climático y su reglamento ..... 37
Tabla III.12 Vinculación del proyecto con la Ley Federal de Responsabilidad Ambiental ..... 39
Tabla III.13 Vinculación del proyecto con La Ley Federal de Armas de Fuego y su reglamento ..... 41
Tabla III.14 Vinculación del proyecto con la Ley para la Protección al Ambiente del Estado de Hidalgo ..... 47
Tabla III.15 Vinculación del proyecto con la Ley de Prevención y Gestión Integral de Residuos del estado de Hidalgo ..... 51
Tabla III.16 Localización del proyecto en la regionalización del POEGT ..... 53
Tabla III.17 Caracterización, política y estrategias del POEGT para la UAB-117 Karst Huasteco Sur ..... 54
Tabla III.18 Caracterización, política y estrategias del POEGT para la UAB-30 Karst Huasteco Norte ..... 58
Tabla III.19 Incidencia territorial de las nuevas obras en la zonificación por UGA’s del POETEH ..... 64
Tabla III.20 Incompatibilidades de uso de suelo de las nuevas áreas del proyecto con respecto al POETEH ..... 70
Tabla III.21 Caracterización, política, usos del suelo, criterios y estrategias del POETEH para la UGA-2109 ..... 71
Tabla III.22 Lineamientos y criterios de regulación ecológica aplicables a la Tepetatera Guadalupe ..... 72
Tabla III.23 Lineamientos y criterios de regulación ecológica aplicables al Relleno Sanitario ..... 75
Tabla III.24 Lineamientos y criterios de regulación ecológica aplicables a las Áreas de Interés de Exploración ..... 79
Tabla III.25 Lineamientos y criterios de regulación ecológica aplicables a las Áreas de Evaluación Geológica ..... 79
Tabla III.26 Lineamientos y criterios de regulación ecológica aplicables a las Áreas Verdes ..... 80
Tabla III.27 Normas Oficiales Mexicanas en materia ambiental ..... 88
Tabla III.28 Cumplimiento de la Norma Oficial Mexicana NOM-157-SEMARNAT-2009 ..... 92
Tabla III.29 Normas Oficiales Mexicanas de referencia ..... 96
Tabla III.30 Normas Oficiales Mexicanas en materia de seguridad y ambiente laboral ..... 98
Tabla III.31 Relación del proyecto con las estrategias y acciones del PROMARNAT 2019-2024 ..... 102
Tabla III.32 Indicadores de desempeño ambiental de Compañía Minera Autlán ..... 105

# ÍNDICE DE FIGURAS

Figura III.1 Localización del proyecto en la Regionalización del POEGT ..... 53
Figura III.2 Localización del SAR del proyecto con respecto a las ANP de la región ..... 83
Figura III.3 Localización del SAR del proyecto con respecto a las AICA's de mayor proximidad ..... 85
Figura III.4 Localización del SAR del proyecto con respecto a las Regiones Terrestres Prioritarias de la región ..... 86
Figura III.5 Localización del SAR del proyecto con respecto a la RHP Confluencia de las Huastecas ..... 87

# MARCO LEGAL

Con la presentación de esta MIA-R a consideración de la autoridad ambiental, se pretende obtener la autorización en materia de impacto ambiental para el Proyecto Distrito Minero Autlán. La solicitud de autorización que se presenta se fundamenta en las disposiciones contenidas en los artículos 28 y 30 de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LGEEPA), que establecen la obligatoriedad de presentar a la Secretaría una Manifestación de Impacto Ambiental, para obtener la autorización a la que se refiere el artículo 28 de la ley.

El Reglamento de la LGEEPA en materia de Evaluación del Impacto Ambiental, dispone en su artículo 9o que "los promoventes deberán presentar ante la Secretaría la manifestación de impacto ambiental en la modalidad que corresponda"; el artículo 10, a su vez, señala las dos modalidades en la que se puede presentar la manifestación de impacto ambiental, Regional o Particular; y el artículo 13 puntualiza que la manifestación de impacto ambiental, en modalidad regional, deberá contener, entre otros aspectos, la vinculación con los instrumentos de planeación y ordenamientos jurídicos aplicables.

Atendiendo a dicha exigencia, en este capítulo se identifican y analizan los instrumentos jurídicos y de planeación que son aplicables en materia ambiental al proyecto; se expone la vinculación correspondiente y se indica la manera en que Compañía Minera Autlán dará cumplimiento a las obligaciones normativas

# III. Vinculación con los instrumentos de planeación y ordenamientos jurídicos aplicables

En cumplimiento de las disposiciones establecidas por la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LGEEPA) y su Reglamento en materia de Evaluación del Impacto Ambiental (REIA), respecto del contenido que debe presentar una Manifestación de Impacto Ambiental en modalidad Regional (MIA-R), en este capítulo se identifican los ordenamientos jurídicos y normativos que regulan las obras y actividades del Proyecto **Distrito Minero Autlán (DMA)**, a cargo de **Compañía Minera Autlán, S. A. B. de C. V.** (en lo sucesivo **Compañía Minera Autlán, Minera Autlán** o **CMA**).

Adicionalmente, se analizan los instrumentos de planeación que, sin ser vinculantes, establecen las pautas y políticas que orientan el desarrollo territorial en la región donde se asienta el proyecto, y el desarrollo sectorial de la minería nacional y regional.

El análisis que se expone cumple con las recomendaciones que para este capítulo indica la Guía para la elaboración de la Manifestación de Impacto Ambiental, Modalidad Regional, dada a conocer en enero de 2022 por la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT), de manera que, para cada ordenamiento analizado, se establece la compatibilidad o grado de cumplimiento que tiene el proyecto con las disposiciones que le son aplicables.

El examen aquí expuesto se enmarca en la consideración de que el Proyecto **Distrito Minero Autlán**, que se presenta a través de esta MIA-R, consiste en la **integración de:**

i. **Obras y actividades que no requirieron autorización, por haber comenzado operaciones antes de la promulgación de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente de la LGEEPA, y que con este proyecto se incorporan al esquema regulatorio vigente (Unidad Nonoalco, zona industrial de la Unidad Molango).**

ii. **Obras y actividades que cuentan con autorización de impacto ambiental y modificaciones autorizadas (Tajo Naopa, Modificación Tajo Naopa, Tajo Acuatitla).**

iii. **Nuevas obras y actividades que se adicionan con el presente proyecto (Tepetatera Guadalupe, Propuesta de Relleno Sanitario, Exploración, Áreas de Evaluación Geológica y Áreas Verdes).**

Dado que a este proyecto se integran diversas áreas, obras y actividades ya autorizadas en materia de impacto ambiental, la vinculación de éstas con los ordenamientos jurídicos en materia ambiental ha sido ya claramente establecida y validada por la autoridad en las autorizaciones otorgadas.

Así, la revisión que aquí se presenta, actualiza la vinculación de estas áreas, obras y actividades, a la luz de las reformas que ha tenido el marco jurídico en los últimos años. Igualmente, se expone el cumplimiento que Compañía Minera Autlán ha dado a las obligaciones contraídas con la autorizaciones otorgadas, y se analiza la factibilidad jurídica del proyecto integrador que se propone.

## III.1. Instrumentos jurídicos

La legislación mexicana exige que los proyectos mineros de jurisdicción federal se sujeten a un estricto marco jurídico que regula diversos aspectos de las obras y actividades involucradas, que incluyen desde el aprovechamiento de los recursos minerales propiedad de la nación, hasta los rubros ambientales asociados y otros aspectos de mayor especificidad como es el uso de explosivos.

Jerárquicamente el orden jurídico nacional se integra por la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos, de la cual se derivan distintas leyes generales y federales reglamentarias, con sus respectivos reglamentos e instrumentos regulatorios; y se dispone, asimismo, de legislaciones locales, estatales y municipales, con sus correspondientes mecanismos normativos.

Sectorialmente, debido a sus características, la minería de minerales reservados a la federación es en México una de las actividades que mayores regulaciones federales debe cumplir.

Particularmente, los proyectos relacionados con el aprovechamiento de minerales metálicos son regulados por al menos diez leyes de jurisdicción federal:

- Ley de Minería.
- Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente.
- Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable.
- Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos.
- Ley de Aguas Nacionales.
- Ley General de Cambio Climático.
- Ley Federal de Responsabilidad Ambiental.
- Ley Federal de Protección del Patrimonio Cultural de los Pueblos y Comunidades Indígenas y Afromexicanas.
- Ley Federal de Armas de Fuego y Explosivos.

Con excepción de la Ley Federal de Armas de Fuego y Explosivos, las restantes contienen disposiciones, generales y particulares, en materia ambiental.

Considerando las regulaciones que rigen al sector, en este apartado se analizan detalladamente las obligaciones que, con base en cada una de estas leyes y sus respectivos reglamentos, han sido aplicables a los proyectos autorizados, así como aquéllas que aplican a este proyecto integrador.

A continuación, se exponen las características generales del proyecto que son relevantes para el análisis:

- El Proyecto **Distrito Minero Autlán** integra: a) las áreas, obras y actividades de las unidades mineras Naopa, Molango y Nonoalco, autorizadas y previas a la LGEEPA; b) nuevas obras y áreas; y c) actividades de exploración y evaluación geológica dentro del área concesionada a la Compañía Minera Autlán.

  Las nuevas obras y áreas del proyecto consisten en la conformación de una nueva tepetatera y áreas verdes, así como la inclusión del área destinada al relleno sanitario y áreas de evaluación geológica.

- La unidad Molango se sitúa en los municipios de Lolotla, Tlanchinol y Tepehuacán de Guerrero, en el estado de Hidalgo. La unidad Naopa se encuentra en el municipio de Molango de Escamilla, estado de Hidalgo; mientras que la unidad Nonoalco se ubica en el municipio de Xochicoatlán, también en Hidalgo.

- Las actividades del proyecto que cuentan con autorización de impacto ambiental corresponden a las unidades Naopa y Molango.
- En la unidad Naopa se autorizaron los proyectos **"Tajo Naopa"** y **"Modificación del Proyecto Tajo Naopa"**. El primer proyecto fue autorizado en 1997 y tiene modificaciones autorizadas en 2017, 2018 y 2020. El segundo, proyecto tiene autorización de 2012 y modificaciones autorizadas en 2013, 2015, 2016, 2019 y 2021. Las resoluciones correspondientes se incluyen como parte del **Anexo II.2**.

  Las resoluciones autorizan la explotación de un yacimiento de manganeso (mineral reservado a la federación), mediante el minado convencional a tajo abierto (Tajo Naopa), utilizando explosivos para la fragmentación de la roca. También incluyen el traslado del material estéril a dos tepetateras, ubicadas dentro de la misma unidad; el acarreo del mineral hacia la Unidad Molango, donde es procesado; y diversas instalaciones: zona industrial, patio y stock de mineral, polvorines, patio de maniobras, depósito de suelo orgánico y área de conservación.

  La zona industrial alberga taller de mantenimiento, área de lavado de camiones, planta de separación de grasas y aceites, planta de tratamiento, oficinas y áreas administrativas, tanques de combustible, vivero, centro de educación ambiental, comedor, área de seguridad y capacitación, almacén de residuos peligrosos, estacionamientos y servicios sanitarios.

  La Tepetatera Guadalupe y las áreas verdes que se proponen en este proyecto como nuevas áreas, se localizarán en esta unidad.

  Adicionalmente, el área del Tajo Naopa cuenta con cuatro autorizaciones de cambio de uso de terrenos forestales, que amparan la remoción de vegetación en 69.9107 ha. La conformación de la nueva tepetatera propuesta requerirá el cambio de uso de suelo de terrenos forestales en 37.9590 ha adicionales.
- La unidad Molango cuenta con autorización en materia de Impacto Ambiental, emitida en el año 1997, para el desarrollo del Tajo Acuatitla, con la explotación a cielo abierto de mineral de manganeso. En 2020 se autorizó la modificación de la resolución de 1997 para la instalación del Proyecto Stayner, diversas obras de auxiliares y de apoyo, y áreas verdes **(Anexo II.2)**.

  Este tajo estuvo operativo hasta 2014 y actualmente alberga diversas obras mineras operativas.
- Las unidades mineras Molango y Nonoalco procesan el mineral extraído del Tajo Naopa y de la mina subterránea Coyoles, situada en la unidad Molango. Iniciaron operaciones en 1960 y 1964, respectivamente, en una época en que no era requerida una autorización ambiental. Sin embargo, ambas unidades han incorporado a sus actividades múltiples medidas de gestión ambiental por la vía de la autorregulación.

  En el año 1998 la unidad Molango obtuvo la Licencia de Festación funcionamiento para la Planta de Beneficio (Nodulización).

  Además, las dos unidades cuentan con Licencias de Uso del Suelo emitidas por las autoridades municipales en el año 1993 **(Anexo II.1)**.
- En la unidad Molango se realiza el procesamiento del mineral para la producción de nódulos de manganeso; en tanto que en la unidad Nonoalco se produce bióxido de manganeso grado batería, bióxido de manganeso grado cerámico y óxido manganoso.
- La unidad Molango cuenta con antiguos tajos y tepetateras que entrarán en su etapa de cierre progresivo, mina subterránea, accesos a ésta, sistemas de ventilación, contra pozos, áreas intermedias, planta de beneficio (nodulización), áreas de patios y depósitos de mineral, áreas de servicios administrativos, almacenes, comedores, almacén de residuos, bodegas, subestación eléctrica, subestación de diésel, área de combustible, estación de recepción y tuberías de gas natural, tanque de agua, casa de fuerza, polvorines,

áreas de maniobras, talleres, laboratorios, perifiltro, instalaciones CCUM, canchas de futbol, cancha de tenis, zona habitacional, planta de tratamiento de aguas residuales, tubería de agua y bombas, casas de sacos y colectores de polvo, concretera, caminos y casetas.

- La unidad Nonoalco posee tres plantas de procesamiento: Planta Concentradora; Planta de Secado, Molido y Envasado; y Planta de Óxido Manganoso. Además, posee depósitos de jales, líneas de distribución de energía, oficinas, laboratorios, almacenes, planta de tratamiento de aguas residuales, almacén de residuos peligrosos, tanques de combustible, colectores de polvo, caseta de vigilancia, patios de embarque, pilas de recuperación de agua, subestación eléctrica, comedor, bodegas, caminos, áreas de residuos de manejo especial, áreas verdes y una zona de rehabilitación ambiental.

  En esta unidad se localizan las Áreas de Evaluación Geológica que se incluyen en este proyecto como nuevas áreas.

- En la Unidad Minera Molango el procesamiento del mineral involucra la trituración, selección, secado, calcinación y nodulización. Las tres últimas fases se realizan en un horno giratorio que emplea gas natural, abastecido por ducto desde Venta de Carpio, hasta la estación de recepción situada en la unidad.

  La Planta de Secado, Molido y Envasado de la Unidad Nonoalco opera un segundo horno rotatorio para el secado del mineral; en tanto que la Planta de Óxido Manganoso opera un horno reductor.

  Los tres hornos operan con diésel. Los hornos de secado y reductor tienen un consumo anual de 300,000 y 600,000 litros respectivamente, en tanto que el horno reductor tiene hasta 750,000 litros de consumo anual.

- Las unidades Molango y Nonoalco cuentan con sistemas de control de emisiones en todas sus plantas, que mitigan la generación de humos y polvos residuales de los procesos que realizan.

- Ninguno de los procesos que se realizan en las tres unidades involucra el uso de sustancias químicas. Todo el procesamiento del mineral se realiza por medios mecánicos y no genera descargas contaminantes. Se emplean altas temperatura (hornos) en la Planta de Nodulización de la Unidad Molango y la Planta de Secado de la Unidad Nonoalco. En la Planta de Concentración de la Unidad Nonoalco se emplea solamente agua en las mesas de concentración, y ésta es recirculada dentro del mismo proceso.

- Las actividades de exploración que forman parte de este proyecto se desarrollarán en 26 polígonos, situados en las inmediaciones de las tres unidades. Algunos de ellos inciden en áreas actualmente operativas. Estas actividades incidirán en siete municipios, todos del estado de Hidalgo: Tepehuacán de Guerrero, Lolotla, Tlanchinol, Molango de Escamilla, Xochicoatlán, Metztitlán y Zacualtipán de Ángeles.

- Las concesiones mineras emitidas por el Gobierno Mexicano para las minas de Molango y Naopa, otorgan los derechos de exploración y explotación en aproximadamente 55,835.1 hectáreas. Cada una de las concesiones es para un período de cincuenta años y son renovables para un período similar. La concesión minera de la mina de Nonoalco fue concedida en 1985 por el gobierno mexicano por un término de 50 años, con un término de renovación de 50 años adicionales.

- En el SAR del proyecto se presentan cuatro tipos climáticos: Cálido, Semicálido, Semifrío y Templado (Grupos A y C).

- Los tipos de vegetación que se presentan en el SAR, conforme a la *Carta de Uso de Suelo y Vegetación, Serie VII de INEGI (2018),* corresponden a Bosque mesófilo de montaña, Bosque de pino-encino, Bosque de encino, Bosque de encino-pino, Pastizal cultivado, Pastizal inducido, Agricultura de temporal y Vegetación secundaria arbustiva de Bosque mesófilo de montaña.

- De acuerdo con el *Catálogo Nacional de Pueblos y Comunidades Indígenas y Afroamericanas* del Instituto Nacional de los Pueblos Indígenas, en el área del proyecto, dentro del SAR, existen 20 comunidades indígenas nahuas registradas.

  En el municipio de Tepehuacán de Guerrero, ocho comunidades nahuas se encuentran dentro del SAR: Acoxcatlán, Acuimantla, Aquilastec, Coyutla, El Zacatal de los Rosales, Olcuatla, Teyahuala y Xilitla.

  En el municipio de Lolotla existen cinco comunidades nahuas dentro del SAR: Barrio Hueyotipa, Chiconcoac, Comontla, Huitznopala e Itzacuatla.

  En el municipio de Tlanchinol, siete comunidades nahuas se encuentran dentro del SAR: Chachala, Chipoco, Cuatahuatla, Huitepec, Ixtlapala, Tenango y Tenexco.

  En los municipios de Molango de Escamilla y Metztitlán no existen comunidades indígenas registradas, que se encuentren dentro del SAR del proyecto, y en los de Xochicoatlán y Zacualtipán de Ángeles, no hay comunidades indígenas registradas.

- Las actividades de minado, superficial y subterráneo, generan residuos sólidos urbanos, residuos de manejo especial, residuos peligrosos y residuos mineros.

  Los residuos peligrosos que se generan en las tres unidades son gestionados de conformidad con las disposiciones normativas. La Compañía Minera Autlán cuenta con los registros del Plan de Manejo de Residuos Peligrosos de la unidad Naopa (No. 13-PMG-I-3737-2019) y la unidad Molango (No. 13-PMG-I-3611-2019).

  Los residuos mineros consisten en tepetate y jales. El tepetate procedente del Tajo Naopa es depositado en dos tepetateras geotécnicamente estables; en tanto que el tepetate obtenido del minado subterráneo se emplea en el relleno de la misma mina.

  Los jales proceden de La Planta Concentradora de la unidad Nonoalco y son almacenados en 21 depósitos rústicos para su eventual re-procesamiento. Los análisis efectuados a los jales depositados indican que éstos no son generadores de ácido y que sus contenidos de metales lixiviables se encuentran muy por debajo de los límites máximos permisibles de la NOM-140-SEMARNAT-2003.

- En la unidad Molango, además de la estación de recepción de gas natural, se tienen cuatro tanques de almacenamiento de diésel; dos de ellos con capacidad de 60,000 litros, uno de 45,000 litros de capacidad y otro de 40,000 litros.

- La unidad Nonoalco cuenta con cuatro tanques de almacenamiento de diésel, con capacidad total de 130,000 litros del combustible, cantidad que no rebasa el umbral establecido por la normatividad para que el almacenamiento sea considerado Actividad Altamente Riesgosa

- La unidad Molango cuenta con una estación de recepción de gas natural, que abastece al horno giratorio que se opera para la nodulización del manganeso. Para esta instalación, se cuenta con la dictaminación de la Dirección General de Gestión Integral de Materiales y Actividades Riesgosas, que indica que la estación de recepción de gas natural y la red interna de tuberías no pueden tipificarse como una Actividad Altamente Riesgosa que deba regularse por la autoridad federal (Oficio No. DGGIMAR.-710/004878 de fecha 3 de julio de 2006 – **Anexo III.1**).

- Compañía Minera Autlán cuenta con tres Títulos de Concesión otorgados por CONAGUA que le permiten el aprovechamiento de aguas superficiales por un volumen total de 563,276 $m^3$/año. Así mismo, cuenta con cuatro Permisos de Descarga de Aguas Residuales que en conjunto le permiten descargar hasta 148,845.50 $m^3$/año. Dos de los títulos incluyen la concesión para la la ocupación de terrenos federales por 16,590 $m^2$ y 25 $m^2$ para albergar las obras de captación **(Anexo II.8)**.

- Entre las tres unidades el proyecto cuenta con seis plantas de tratamiento de aguas residuales, tres en la unidad Molango, dos en la unidad Naopa y una en la unidad Nonoalco.
- El agua de laboreo del tajo se aprovecha para el riego de caminos.

***Teniendo en cuenta los atributos del proyecto anteriormente señalados, éste se encuentra regulado por los instrumentos que se indican en la Tabla III.1***

*Tabla III.1 Instrumentos regulatorios aplicables al proyecto "Unidad Minera Naopa"*

| LEY | MATERIA | REGLAMENTO | FUNDAMENTO JURÍDICO | INSTRUMENTO | OBSERVACIONES |
|---|---|---|---|---|---|
| **Ley de Minería (LM)** | Exploración, explotación y beneficio de minerales concesibles | ▪ Reglamento de la Ley de Minería (R-LM) | LM: artículos 2, 4 fracción I, 6, 10, 19, 27, 37 y OCTAVO Transitorio. | Título de Concesión. | Compañía Minera Autlán es titular de siete títulos de concesión minera de explotación y 157 títulos de exploración en el área del proyecto.<br>La compañía es propietaria del terreno que ocupan las unidades Molango, Naopa y Nonoalco, y posee los derechos de uso de la tierra en las áreas adyacentes. |
| **Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LGEEPA)** | Evaluación de Impacto Ambiental<br>Normas Oficiales Mexicanas<br>Flora y Fauna Silvestre<br>Aprovechamiento Sustentable del Agua<br>Preservación del Suelo<br>Explotación de Recursos no Renovables<br>Prevención y Control de la Contaminación de la Atmósfera<br>Prevención y Control de la Contaminación del Agua<br>Prevención y Control de la Contaminación del Suelo<br>Materiales y Residuos Peligrosos | ▪ Reglamento en materia de Evaluación del Impacto Ambiental (REIA).<br>▪ Reglamento en materia de Prevención y Control de la Contaminación de la Atmósfera (RPCCA).<br>▪ Reglamento en materia de Registro de Emisiones y Transferencia de Contaminantes (RETC). | LGEEPA: artículos 28 fracc. III y VII, 30, 37 TER, 83, 89, 98, 99 fracc. XI, 107 BIS, 108, 109, 111 BIS, 120, 121, 136, 146, 147, 147 BIS, 149, 150, 151<br>REIA: artículos 5º inciso L) fracciones I, II y III, e inciso O) fracción I; 9º, 10, 11 fracción III, 13, 17, 36, 47, 51 y 53.<br>RPCCA: artículos 10, 13, 16, 17, 17 BIS inciso D), fracción VI, 18, 21.<br>RETC: artículos 9º, 10, 18 y 19. | Manifestación de Impacto Ambiental.<br>Autorización de Impacto Ambiental.<br>Licencia de Funcionamiento<br>Cédula de Operación Anual (COA). | En materia de Impacto Ambiental el Proyecto DMA integra tres proyectos autorizados en materia de Impacto Ambiental, identificados por la autoridad ambiental como "Tajo Acuatitla", "Tajo Naopa" y "Modificación del Proyecto Tajo Naopa".<br>Dichos proyectos cuentan asimismo con autorizaciones de ampliación.<br>En materia de Riesgo Ambiental, Compañía Minera Autlán cuenta con la dictaminación de SEMARNAT de que el funcionamiento del horno rotatorio de la Unidad Minera Molango no es una |

| LEY | MATERIA | REGLAMENTO | FUNDAMENTO JURÍDICO | INSTRUMENTO | OBSERVACIONES |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | Actividad Altamente Riesgosa.<br>Para el nuevo Proyecto DMA, la compañía está solicitando la autorización respectiva a través de esta MIA-R.<br>**En materia de Prevención y Control de la Contaminación** de la Atmósfera, Compañía Minera Autlán reporta y actualiza la información de sus operaciones y tipo de emisiones que genera, a través de las Licencias Ambientales Únicas (LAU) y Cédulas de Operación Anual (COA).<br>En materia de Registro de Emisiones y Transferencia de Contaminantes, Minera Autñán reporta sus emisiones a través de la LAU, COA y Licencia de Funcionamiento mencionadas anteriormente. |
| **Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable (LGDFS)** | Cambio de Uso del Suelo de Terrenos Forestales (CUSTF) | ▪ Reglamento de la LGDFS (R-LGDFS) | LGDFS: artículo 93.<br>R-LGDFS: artículos 120, 123 y 123 Bis | Estudio Técnico Justificativo.<br>Autorización de Cambio de Uso del Suelo de Terrenos Forestales. | El áreas del Tajo Naopa cuenta con autorizaciones de cambio de uso del suelo de terrenos forestales, que amparan la remoción de vegetación en 18.0307 ha del sitio.<br>La ejecución del nuevo proyecto requerirá el cambio de uso de suelo de terrenos |

| LEY | MATERIA | REGLAMENTO | FUNDAMENTO JURÍDICO | INSTRUMENTO | OBSERVACIONES |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | forestales en 37.9590 ha adicionales. |
| **Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos (LGPGIR)** | Gestión de residuos mineros y peligrosos | ▪ Reglamento de la LGPGIR (R-LGPGIR) | LGPGIR: artículos 5 fracciones XXX Bis, XXX Bis 1 y XXXII; 17, 28, 31, 33, 40 a 43 y 45.<br>R-LGPGIR: artículos 24 y 34. | Plan de Manejo de Residuos Mineros.<br>Plan de Manejo de Residuos Peligrosos | La compañía cuenta con los Planes de Manejo de Residuos Peligrosos registrados ante la SEMARNAT para las unidades Naopa y Molango.<br>También se cuenta con el Plan de Manejo de Residuos Mineros registrado ante SEMARNAT para la unidad Molango. |
| **Ley de Aguas Nacionales (LAN)** | Aguas Nacionales, aprovechamiento de agua y descarga de aguas residuales | ▪ Reglamento de la Ley de Aguas Nacionales (R-LAN) | LAN: artículos 20, 25, 28, 29, 81 BIS 1, 88, 88 BIS, 88 BIS 1, 90 y 118.<br>R-LAN; artículos 30, 86,124, 134, 135, 137. | Título de Concesión.<br>Permiso de Descarga. | Compañía Minera Autlán cuenta con Títulos de Concesión otorgados por la CONAGUA, para explotar, usar o aprovechar aguas nacionales superficiales, el permiso para descargar aguas residuales y la concesión para la ocupación de terrenos federales. |
| **Ley General de Cambio Climático (LGCC)** | Cambio climático: emisiones de gases de efecto invernadero | ▪ Reglamento de la LGCC en materia del Registro Nacional de Emisiones (R-RNE) | LGCC: artículo 88.<br>R-RNE: artículos 3 fracción III incisos c) y e), 4 fracción III inciso a), subinciso a.1, e inciso e) subinciso e.1), 5, 6, 9 y 12 | Reporte de emisiones de GEI mediante la Cédula de Operación Anual (COA) | Compañía Minera Autlán calcula y reporta las emisiones directas e indirectas de GEI a través de la COA de la unidad Naopa. |
| **Ley Federal de Responsabilidad Ambiental (LFRA)** | Responsabilidad por daño ambiental | | LFRA: artículos 2º, 6º, 10, 11 y 12. | | Las actividades de la compañía se han desarrollado en estricto apego a las disposiciones de la normatividad ambiental. |

| LEY | MATERIA | REGLAMENTO | FUNDAMENTO JURÍDICO | INSTRUMENTO | OBSERVACIONES |
|---|---|---|---|---|---|
| **Ley Federal de Protección del Patrimonio Cultural de los Pueblos y Comunidades Indígenas y Afromexicanas** | Derechos de los pueblos y comunidades indígenas | No aplica | Artículo 8 | Consulta libre, previa e informada | En caso se así requerirlo la autoridad ambiental, Compañía Minera Autlán colaborará en la consulta libre, previa e informada. |
| **Ley Federal de Armas de Fuego y Explosivos (LFAFE)** | Uso de explosivos | ▪ Reglamento de la LFAFE (R-LFAFE) | LFAFE: artículos 37, 40, 41 fracciones III, IV y V, y 42 fracción I.<br>R-LFAFE: artículos 56, 59 y 72. | Permiso para el uso y almacenamiento de explosivos | Compañía Minera Autlán o cuenta con los Permisos Generales de explosivos No. 4917-Hgo y 61-Hgo **(Anexo III.3)** |

En los apartados siguientes se analiza cada uno de los instrumentos jurídicos identificados en la tabla precedente, y se exponen las consideraciones de mayor relevancia respecto de su aplicabilidad al proyecto y cómo éste les da cumplimiento.

### III.1.1. Constitución Política De Los Estados Unidos Mexicanos

La Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos establece el marco legal fundamental que regula las actividades mineras en el país, en particular a través del artículo 27, que otorga a la nación la propiedad de los recursos naturales, incluyendo los minerales; y establece que la explotación de estos recursos debe realizarse mediante concesiones otorgadas por el Estado.

En materia ambiental, la Constitución establece, en su artículo 4, el derecho fundamental de toda persona, a contar con un medio ambiente sano para su desarrollo y bienestar, así como la obligación del Estado Mexicano a garantizar este derecho, y la responsabilidad de quien ocasione daño y deterioro del ambiente. Complementariamente, en su artículo 25 postula el papel rector del Estado en la regulación de la actividad económica nacional, bajo criterios de equidad social, productividad y sustentabilidad ambiental (Tabla III.2).

*Tabla III.2 Vinculación del proyecto con la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos*

| Artículo | Disposición | Vinculación |
|---|---|---|
| **4°** | (…)<br>Toda persona tiene derecho a un medio ambiente sano para su desarrollo y bienestar. El Estado garantizará el respeto a este derecho. El daño y deterioro ambiental generará responsabilidad para quien lo provoque en términos de lo dispuesto por la ley.<br>(…) | Para evitar que el desarrollo del proyecto limite el derecho a un medio ambiente sano, y ocasione cualquier daño o deterioro ambiental, las actividades de éste se han sujetado a los procedimientos, condiciones y regulaciones establecidas por el Estado para garantizar este derecho y prevenir el deterioro del ambiente. |
| **25** | Corresponde al Estado la rectoría del desarrollo nacional para garantizar que éste sea integral y sustentable, (…)<br>(…)<br>El Estado planeará, conducirá, coordinará y orientará la actividad económica nacional, y llevará al cabo la regulación y fomento de las actividades que demande el interés general en el marco de libertades que otorga esta Constitución.<br>(…)<br>Bajo criterios de equidad social, productividad y sustentabilidad se apoyará e impulsará a las empresas de los sectores social y privado de la economía, sujetándolos a las modalidades que dicte el interés público y al uso, en beneficio general, de los recursos productivos, cuidando su conservación y el medio ambiente.<br>(…) | Las actividades que se desarrollan en las unidades mineras Naopa, Molango y Nonoalco, se han sujetado a los procedimientos que regulan sus actividades y ha adoptado las medidas necesarias para la conservación de los recursos productivos y del medio ambiente. |
| **27** | (…)<br>La nación tendrá en todo tiempo el derecho de imponer a la propiedad privada las modalidades que dicte el interés público, así como el de regular, en beneficio social, el aprovechamiento de los elementos naturales susceptibles de apropiación, con objeto de (…) cuidar de su conservación, lograr el desarrollo equilibrado del país y el mejoramiento de las condiciones de vida de la población rural y urbana. En consecuencia, se dictarán las medidas necesarias para (…) preservar y restaurar el equilibrio ecológico; (…) para el fomento de (…) las demás actividades económicas en el medio rural, y para evitar la destrucción de los elementos naturales (…) | El desarrollo de las actividades en las unidades mineras Naopa, Molango y Nonoalco, se ha realizado con sujeción a las medidas dictadas por la autoridad para preservar el equilibrio ecológico.<br>Compañía Minera Autlán cuenta con las concesiones expedidas por las dependencias del Ejecutivo Federal, para realizar el aprovechamiento de agua superficial y la explotación del depósito mineral en los terrenos que amparan las concesiones mineras. |

| Artículo | Disposición | Vinculación |
|---|---|---|
| | Corresponde a la Nación el dominio directo (…); de todos los minerales o substancias que en vetas, mantos, masas o yacimientos, constituyan depósitos cuya naturaleza sea distinta de los componentes de los terrenos, tales como los minerales de los que se extraigan metales y metaloides utilizados en la industria; (…)<br>Son propiedad de la Nación las aguas (…), y las que se extraigan de las minas; (…). Las aguas del subsuelo pueden ser libremente alumbradas mediante obras artificiales y apropiarse por el dueño del terreno, pero cuando lo exija el interés público o se afecten otros aprovechamientos, el Ejecutivo Federal podrá reglamentar su extracción y utilización (…)<br>(…) el dominio de la Nación es inalienable e imprescriptible y la explotación, el uso o el aprovechamiento de los recursos de que se trata, por los particulares o por sociedades constituidas conforme a las leyes mexicanas, no podrá realizarse sino mediante concesiones, otorgadas por el Ejecutivo Federal, de acuerdo con las reglas y condiciones que establezcan las leyes, (…) | |

### III.1.2. Ley de Minería

La Ley de Minería, como reforma de la que fuera denominada Ley Minera, publicada en el Diario Oficial de la Federación el 8 de mayo de 2023, es reglamentaria de las disposiciones del Artículo 27 constitucional en materia minera. Establece los procedimientos relacionados con la exploración, explotación y beneficio de los minerales, así como las condiciones para la obtención de concesiones. Además, regula la creación de reservas mineras y establece los derechos y obligaciones de los concesionarios (Tabla III.3).

*Tabla III.3 Vinculación del proyecto con la Ley de Minería*

| Artículo | Disposición | Vinculación |
|---|---|---|
| **2** | *Se sujetarán a las disposiciones de esta Ley, la exploración, explotación, y beneficio de los minerales o sustancias que en vetas, mantos, masas o yacimientos constituyan depósitos cuya naturaleza sea distinta de los componentes de los terrenos, (…)* | El proyecto consiste en la exploración y explotación de carbonatos de manganeso ($MnCO_3$), poe lo que conforme a la fracción I del atículo 4, está sujeto a las disposiciones federales en materia minera. |
| **4** | *Son minerales o sustancias que en vetas, mantos, masas o yacimientos constituyen depósitos distintos de los componentes de los terrenos los siguientes:*<br>*Minerales o sustancias de los que se extraigan (…) manganeso, (…)*<br>*(…)* | |
| **6** | *La exploración, explotación y beneficio de los minerales o sustancias a que se refiere esta Ley son de utilidad pública; su objeto es contribuir a la distribución equitativa de la riqueza pública, garantizar la protección del medio ambiente, lograr el desarrollo equilibrado y sustentable del país y mejorar las condiciones de vida de la población.*<br>*Queda prohibido el otorgamiento de concesiones en áreas naturales protegidas o donde se ponga en riesgo la población, así como en zonas sin disponibilidad de agua, de conformidad con la prioridad de los usos establecida en la Ley de Aguas Nacionales y demás normatividad aplicable.* | Las actividades de exploración, explotación y recuperación de manganeso que se han realizado y continuarán desarrollando en los terrenos que aprovecha Compañía Minera Autlán, se han sujetado a las medidas dictadas por la autoridad para garantizar la protección del medio ambiente, lograr el desarrollo equilibrado y sustentable del país y mejorar las condiciones de vida de la población.<br>Tales actividades se desarrollan en una zona del país con disponibilidad de agua, no incursionan en áreas naturales protegidas, ni ponen en riesgo a la población. |
| **10** | *Con excepción del litio y demás minerales declarados como estratégicos por el Estado, (…), la explotación de los minerales o* | Compañía Minera Autlán S.A.B. de C.V. es titular de siete títulos de concesión minera de explotación, que cubren una |

| Artículo | Disposición | Vinculación |
|---|---|---|
| | *sustancias a que se refiere el artículo 4, (…), puede realizarse mediante concesiones mineras otorgadas por la Secretaría a (…) las personas de nacionalidad mexicana que acrediten tener la capacidad técnica, jurídica, económica y administrativa señaladas en la presente Ley y en la normativa aplicable.*<br>*(…)*<br>*Los títulos de concesión (…) se expedirán siempre y cuando se satisfagan las condiciones y requisitos establecidos por esta Ley y su Reglamento, sin perjuicio de terceros.* | superficie de 900 ha en el área de Naopa, Municipio de Molango de Escamilla:<br>Título No. 224524 (explotación) Lote Naopa, 300 ha. Vigencia del 17 de mayo de 2005 al 16 de mayo de 2055.<br>Título No. 185406 Lote San Antonio XXIX, 100 ha. Vigencia del 14 de diciembre de 1989 al 13 de diciembre de 2039.<br>Título No. 185407 Lote San Antonio XX, 100 ha. Vigencia del 14 de diciembre de 1989 al 13 de diciembre de 2039.<br>Título No. 185491 Lote San Antonio XXVIII, 100 ha. Vigencia del 14 de diciembre de 1989 al 13 de diciembre de 2039.<br>Título No. 185495 Lote San Antonio XXII, 100 ha. Vigencia del 14 de diciembre de 1989 al 13 de diciembre de 2039<br>Título No. 185647 (explotación) Lote San Antonio XXI, 100 ha. Vigencia del 14 de diciembre de 1989 al 13 de diciembre de 2039.<br>Título No. 185753 Lote San Antonio XXVII, 100 ha. Vigencia del 14 de diciembre de 1989 al 13 de diciembre de 2039.<br>Adicionalmente, la compañía posee 157 títulos de exploración en el área del proyecto. |
| **19** | *Las personas titulares de una concesión minera tienen derecho a:*<br>*Realizar obras y trabajos de explotación de minerales o sustancias específicas dentro de lotes mineros determinados;*<br>*Aprovechar el producto mineral o sustancia que se obtenga en dichos lotes (…);*<br>*Disponer de los terreros que se encuentren dentro de la superficie que amparen, a menos que provengan de otra concesión minera vigente;*<br>*Solicitar la ocupación temporal o la constitución de servidumbre de los terrenos indispensables para llevar a cabo las obras y trabajos de explotación y beneficio, así como para el depósito de terreros, jales, escorias y graseros, al igual que constituir servidumbres subterráneas de paso a través de lotes mineros;*<br>*Aprovechar las aguas provenientes del laboreo de las minas para la explotación y beneficio de los minerales o sustancias que se obtengan y el uso doméstico del personal empleado en las mismas, siempre que se dé aviso a la Comisión Nacional del Agua y se paguen los derechos por la misma;*<br>*(…)*<br>*XIV. Ocupar el terreno propiedad de la nación, siempre que cubra el pago por el aprovechamiento correspondiente, independientemente de cualquier otro concepto.*<br>*(…)* | Las obras, instalaciones y actividades que desarrolla Compañía Minera Autlán se han encuadrado en los derechos que confieren a la empresa los títulos de concesión que posee.<br>Asimismo, la compañía es propietaria del terreno que ocupan las unidades Molango, Naopa y Nonoalco, y posee los derechos de uso de la tierra en las áreas adyacentes.<br>El proyecto que se propone en esta MIA-R, no supone la ocupación de superficies fuera de la superficie concesionada. |
| **27** | *Las personas titulares de concesiones mineras, independientemente de la fecha de su otorgamiento, están obligadas, por cada lote minero, a:*<br>*I. Ejecutar las obras y trabajos previstos por esta Ley (…);*<br>*II. Pagar los derechos sobre minería, contribuciones, aprovechamientos y demás contraprestaciones aplicables, conforme a las disposiciones jurídicas vigentes. Los lotes agrupados pagarán dichas obligaciones de manera individual;*<br>*III. (Derogada)* | Como titular de las concesiones que posee, Compañía Minera Autlán ha cumplido con las obligaciones de la ley que le son aplicables, entre ellas:<br>Las obras y trabajos previstos por la ley se ejecutan en los términos y condiciones que ésta y su reglamento establecen, e informando de ello a la autoridad en la materia.<br>Los derechos sobre minería, contribuciones, aprovechamientos y contraprestaciones aplicables, se pagan puntualmente. |

| Artículo | Disposición | Vinculación |
|---|---|---|
| | *IV. Sujetarse a las disposiciones generales y a las normas oficiales mexicanas aplicables a la industria minero-metalúrgica en materia de seguridad en las minas y de equilibrio ecológico y protección al ambiente;*<br>*(…)*<br>*XIX. No construir depósitos o sitios de disposición final de terreros, jales, escorias, graseros de las minas y establecimientos de beneficios de los minerales en áreas naturales protegidas, humedales, vasos, cauces, zonas federales, zonas de protección y demás bienes nacionales o en lugares que, por el trayecto que sigan los residuos ante su ruptura, afecten núcleos de población;*<br>*XX. Contar con la autorización del Programa de Restauración, Cierre y Post-cierre de minas, previsto en la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente;*<br>*(…)*<br>*XXIII. Implementar medidas de reutilización del agua dentro del lote minero a fin de lograr, al menos, un sesenta por ciento de reciclaje de aguas residuales tratadas en sus instalaciones, y*<br>*(…)* | El desarrollo de las actividades se ha realizado con apego a las disposiciones normativas que las rigen.<br>Las tepetateras existentes y la nueva que se pretende conformar, no inciden en áreas naturales protegidas, humedales, vasos, cauces, zonas federales, zonas de protección u otros bienes nacionales, ni en lugares donde puedan afectar núcleos de población.<br>Compañía Minera Autlán ha realizado trabajos progresivos de restauración y reforestación en las áreas de depósito de material de descapote y estéril, que han pasado a la etapa de abandono.<br>Un vez obtenida la autorización de este nuevo proyecto, se elaborará el Programa de Restauración, Cierre y Post-cierre, que indica la normatividad actual.<br>En todas sus instalaciones, Compañía Minera Autlán realiza el tratamiento de aguas residuales, sanitarias e industriales.<br>En la unidad Molango el aguas residual tratada se reúsa en el espreado de polvos, riego de caminos y enfriamiento de equipos; un volumen menor se descarga en los términos del permiso de descarga obtenido.<br>En la unidad Naopa, el agua residual del lavado de vehículos pesados, es tratada y reutilizada íntegramente en el lavado.<br>En la unidad Nonoalco, el agua residual tratada se reúsa totalmente en los procesos. |
| **37** | *Las personas concesionarias que beneficien minerales o sustancias sujetas a la aplicación de la presente Ley están obligadas a:*<br>*(…)* | |
| **OCTAVO TRANSITORIO** | *Las concesiones de explotación otorgadas con anterioridad a la presente Ley, cuya cancelación no haya sido declarada, tendrán duración de cincuenta años contados a partir de la fecha de su expedición y conferirán derechos a la explotación de cualesquier minerales o sustancias sujetos a la aplicación de la misma. Los programas de trabajos insertos en sus títulos quedarán sin efecto.* | Las concesiones de explotación con que cuenta Compañía Minera Autlán tienen vigencia de 50 años, contados a partir de la fecha de su expdición. |

## III.1.3. Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente

La Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LGEEPA) es reglamentaria de las disposiciones de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos que se refieren a la protección del ambiente y la preservación y restauración del equilibrio ecológico en el territorio nacional.

Esta ley fue promulgada en enero de 1988 y ha sido objeto de diversas modificaciones; la última de ellas, el 4 de abril de 2024.

Como ley marco integral para la protección del ambiente, la LGEEPA promueve un enfoque sostenible en la gestión de los recursos naturales y la reducción del deterioro y la contaminación ambiental, a través diversos instrumentos. La vinculación del proyecto con las disposiciones de esta ley se expone en la Tabla III.4.

*Tabla III.4 Vinculación del proyecto con la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente*

| Artículo | Disposición | Vinculación |
|---|---|---|
| **TÍTULO PRIMERO - Disposiciones Generales**<br>**CAPÍTULO IV - Instrumentos de Política Ambiental**<br>**SECCIÓN V - Evaluación del Impacto Ambiental** | | |
| **28** | *La evaluación del impacto ambiental es el procedimiento a través del cual la Secretaría establece las condiciones a que se sujetará la realización de obras y actividades que puedan causar desequilibrio ecológico o rebasar los límites y condiciones establecidos en las disposiciones aplicables para proteger el ambiente y preservar y restaurar los ecosistemas, a fin de evitar o reducir al mínimo sus efectos negativos sobre el medio ambiente. Para ello, en los casos en que determine el Reglamento que al efecto se expida, quienes pretendan llevar a cabo alguna de las siguientes obras o actividades, requerirán previamente la autorización en materia de impacto ambiental de la Secretaría:*<br>*(…)*<br>*III.- Exploración, explotación y beneficio de minerales y sustancias reservadas a la Federación en los términos de las Leyes Minera*<br>*(…)*<br>*(…)*<br>*VII.- Cambios de uso del suelo de áreas forestales, así como en selvas y zonas áridas;*<br>*(…)*<br>[ | El proyecto que se presenta a través de esta MIA-R se encuadra en las fracciones III y VII del artículo 28 de la ley, debido a que:<br>a) Consiste en la exploración, explotación y recuperación de manganeso, que es un mineral reservado a la Federación en los términos de la Ley de Minería; y<br>b) Las nuevas obras y actividades requieren del cambio de uso del suelo en 37.9590 ha de terrenos considerados forestales.<br>Para las actividades de explotación mineral que se han realizado, se tienen dos proyectos, "Tajo Naopa" y "Modificación del Proyecto Tajo Naopa", que cuentan con autorizaciones en materia de Impacto Ambiental y diversas autorizaciones de ampliación:<br>**Proyecto "Tajo Naopa":**<br>Oficio D.O.O.DGOEIA.01307 de fecha 14 de marzo de 1997 (MIA-G).<br>Oficio SGPA/DGIRA/DG/00304 de fecha 12 de enero de 2017 (Modificación de plazo).<br>Oficio No. SGPA/DGIRA/DG/04912 del 9 de julio de 2018 (modificación).<br>Oficio No. SGPA/DGIRA/DG/00105 del 13 de enero de 2020 (Ampliación vigencia).<br>**Proyecto "Modificación del Proyecto Tajo Naopa":**<br>Oficio No. 133.02.03/708/2012/122655 de fecha 15 de noviembre de 2012 (DTU-A).<br>Oficio No. 133.0202/351/2013/132739 del 28 de noviembre de 2013 (ampliación).<br>Oficio No. 133.02.02/060/2015/150365 del 9 de febrero de 2015 (ampliación).<br>Oficio No. 133.02.02.0323.216/162270 del 6 de junio de 2016 (ampliación).<br>Oficio No. 133.02.02.0453.2019/192453 de fecha 6 de diciembre de 2019 (ampliación).<br>Oficio No. 133.02.02.055.2021 (2107309) del 7 de junio de 2021 (ampliación).<br>La mina subterránea Coyoles, ubicada en la Unidad Minera Molango, opera desde 1960; y debido a que no se contaba entonces con una normatividad ambiental específica, no requirió de una autorización en esa materia.<br>Las autorizaciones señaladas se presentan en el **Anexo II.2**. |
| **30** | *Para obtener la autorización a que se refiere el artículo 28 de esta Ley, los interesados deberán presentar a la Secretaría una manifestación de impacto ambiental,(…)*<br>*Cuando se trate de actividades consideradas altamente riesgosas en los términos de la presente Ley, la manifestación deberá incluir el estudio de riesgo correspondiente.*<br>*(…)* | La unidad Molango cuenta con una estación de recepción de gas natural, que abastece al horno giratorio que se opera para la nodulización del manganeso. Para esta instalación, se cuenta con la dictaminación de la Dirección General de Gestión Integral de Materiales y Actividades Riesgosas, que indica que no es una Actividad Altamente Riesgosa que deba regularse por la autoridad federal (Oficio No. DGGIMAR.-710/004878 de fecha 3 de julio de 2006 – **Anexo III.1**).<br>La unidad Nonoalco cuenta con cuatro tanques de almacenamiento de diésel, con capacidad total de 130,000 litros del combustible, cantidad que no rebasa el umbral establecido por la normatividad para que el almacenamiento sea considerado Actividad Altamente Riesgosa. |
| **SECCIÓN VI – Normas Oficiales Mexicanas en Materia Ambiental** | | |
| **37 TER** | *Las normas ambientales mexicanas en materia ambiental son de cumplimiento obligatorio en el territorio nacional y señalarán su ámbito de validez, vigencia y gradualidad en su aplicación.* | En el desarrollo de sus actividades, Compañía Minera Autlán ha dado cumplimiento a las normas oficiales mexicanas en materia ambiental que le han sido aplicables. |

| Artículo | Disposición | Vinculación |
|---|---|---|
| **TÍTULO SEGUNDO – Biodiversidad**<br>**Capítulo III – Flora y Fauna Silvestre** | | |
| **83** | *El aprovechamiento de los recursos naturales en áreas que sean el hábitat de especies de flora o fauna silvestres, especialmente de las endémicas, amenazadas o en peligro de extinción, deberá hacerse de manera que no se alteren las condiciones necesarias para la subsistencia, desarrollo y evolución de dichas especies.*<br>(…) | Durante el desarrollo de las actividades de explotación, Compañía Minera Autlán ha ejecutado acciones ambientales con el propósito de prevenir y mitigar efectos adversos en las poblaciones de flora y fauna silvestres del sitio.<br>Dichas acciones, que fueron propuestas por la compañía en la MIA-G del proyecto "Tajo Naopa" y el DTU-A del proyecto "Modificación del Proyecto Tajo Naopa", derivan de los estudios de caracterización ambiental e inventarios de flora y fauna silvestre, que fueron realizados en el área de Naopa en los años 1996 y 2015, para la integración de la MIA y el DTU referidos. Las medidas ambientales fueron, en su momento, validadas por la autoridad ambiental en las autorizaciones correspondientes.<br>Entre las medidas que se han aplicado y que continuarán con el nuevo proyecto, se encuentran:<br>• Rescate y reubicación de especies de fauna silvestre.<br>• Rescate, protección y conservación de flora.<br>• Programa de Reforestación.<br>• Programa de Conservación de Suelo y Agua.<br>• Programa de Revegetación Temporal y Mantenimiento de la Estabilización de Taludes.<br>• Programa de Restauración.<br>• Programa de Difusión e Información.<br>• Programa de Manejo Ambiental.<br>Es relevante indicar que la emisión de la autorización de cambio de uso de suelo en terrenos forestales, por parte de la Delegación Federal de SEMARNAT en el estado de Hidalgo, para el proyecto "Modificación del Proyecto Naopa", Oficio No. 133.02.03.1855.2016 (163657), se sustentó en diversas consideraciones técnicas que justifican que la remoción de la vegetación forestal autorizada, no compromete la biodiversidad, particularmente, las siguientes:<br>El área del proyecto no se encuentra en ningún ANP, federal, estatal o municipal.<br>No se afectarían especies vegetales en riesgo.<br>Se realizarían actividades de rescate y reubicación de ejemplares vegetales.<br>Se ejecutaría un Programa de Rescate y Protección de Fauna Silvestre.<br>Se mantendría en el área una superficie de conservación que supera el porcentaje establecido por el Programa de Ordenamiento Ecológico Territorial de Hidalgo (POETH).<br>Se ejecutaría un Programa de Reforestación.<br>Se establecerían brechas cortafuego en torno a las áreas arboladas de amortiguamiento.<br>Se tienen letreros sobre la protección y conservación de flora y fauna silvestre.<br>Se realizarían pláticas y talleres de capacitación a los trabajadores de le empresa, sobre la protección y conservación de la flora y fauna.<br>Se realizarían muestreos y monitoreos periódicos de la fauna en las áreas con vegetación natural y las áreas reforestadas.<br>Las medidas referidas son similares a las establecidas en las autorizaciones de cambio de uso de suelo de terrenos forestales, otorgadas previamente para los proyectos "Tajo Naopa" y "Modificación del Proyecto Tajo Naopa".<br>Para la integración de esta MIA-R se elaboraron nuevos estudios de flora y fauna silvestre, que actualizan los inventarios anteriores, a la vez que sustentan las medidas que se proponen en el Capítulo V para prevenir la alteración del hábitat de las especies en riesgo que se distribuyen en la región. |

<table>
<tr><th>Artículo</th><th>Disposición</th><th>Vinculación</th></tr>
<tr><td colspan="3">TÍTULO TERCERO – Aprovechamiento Sustentable de los Elementos Naturales<br>Capítulo I – Aprovechamiento Sustentable del Agua y los Ecosistemas Acuáticos</td></tr>
<tr><td>89</td><td>Los criterios para el aprovechamiento sustentable del agua y de los ecosistemas acuáticos, serán considerados en:<br>(…)<br>II. El otorgamiento de concesiones, permisos, y en general toda clase de autorizaciones para el aprovechamiento de recursos naturales o la realización de actividades que afecten o puedan afectar el ciclo hidrológico;<br>(…)<br>XI.- Todas aquellas prácticas de diferentes sectores productivos que afecten la calidad del agua superficial y subterránea.</td><td>Compañía Minera Autlán cuenta con los Títulos de Concesión otorgados por CONAGUA, para el aprovechamiento de aguas nacionales superficiales, y los permisos de descarga de aguas residuales.<br><br>
<table>
<tr><th rowspan="2">Título de Concesión</th><th colspan="2">Volumen Autorizado (m3/año)</th></tr>
<tr><th>Aprovechamiento</th><th>Descarga</th></tr>
<tr><td>09HGO101151/26ISDL16 (Unidad Molango)</td><td>374,017.00</td><td>0.00</td></tr>
<tr><td>09HGO155000/26IDDL16 (Unidad Naopa)</td><td>43.000.00</td><td>3,717.00</td></tr>
<tr><td>09HGO106226/26IDDL08 (Unidad Nonoalco)</td><td>189,216.00</td><td>0.00</td></tr>
<tr><td>HGO100637/26EDGE94 (Unidad Molango)</td><td>0.00</td><td>137,568.5</td></tr>
<tr><td>HGO105712 (Unidad Molango)</td><td>0.00</td><td>6,000.00</td></tr>
<tr><td>09HGO106171/26FDDL16 (Unidad Nonoalco)</td><td>0.00</td><td>1,560.00</td></tr>
<tr><td>Totales</td><td>563,276.00</td><td>148,845.50</td></tr>
</table>
<br>En la expedición de las concesiones de aprovechamiento de agua la autoridad competente tuvo en consideración los criterios para el aprovechamiento sustentable del agua que postula la ley, así como los resultados del estudio de disponibilidad media anual de las aguas superficiales de las cuencas hidrológicas de la región hidrológica 26 Pánuco, publicada en el Diario Oficial de la Federación el 18 de julio de 2011.<br><br>Adicionalmente, las actividades que desarrolla Compañía Minera Autlán en sus tres unidades, incorporan prácticas y medidas orientadas a reducir el consumo de agua, mejorar su reutilización y prevenir la contaminación.<br><br>El procesamiento del mineral se realiza por medios mecánicos y alta temperatura, no involucra el uso de sustancias químicas, ni genera descargas contaminantes.<br><br>Las descargas autorizadas por CONAGUA corresponden a agua residual sanitaria, tratada, que procede de servicios no industriales, que previamente se someten a análisis para cumplir con los límites normativos.<br><br>Es de considerar que la autorización de cambio de uso de suelo en terrenos forestales, por parte de la Delegación Federal de SEMARNAT en el estado de Hidalgo, para el proyecto “Modificación del Proyecto Naopa”, Oficio No. 133.02.03.1855.2016 (163657), estableció que la remoción de la vegetación y la realización del proyecto en el área autorizada, no afectaría la cantidad de agua, ya que para asegurar la recarga de los acuíferos, se aplicarían medidas de mitigación y compensación adecuadas, como:<br><br>La remoción de la vegetación se realizaría de manera paulatina.<br><br>La base del depósito de material de descapote, se prepararía con una capa de piedra gruesa, para permitir una más rápida infiltración del agua y prevenir deslaves.<br><br>La disposición del material de descapote sería gradual y con la construcción de terrazas o mermas.<br><br>Las terrazas se revegetarían de manera inmediata, con pastos, hierbas y arbustos nativos, incluyendo la apertura de cárcamos, en cuanto éstas pasen a la etapa de abandono temporal.<br><br>En la etapa de abandono definitivo de las áreas afectadas, se realizaría la restauración y reforestación, que favorecerán la infiltración.<br><br>En cuanto a la calidad del agua, la autoridad estableció que ésta no se afectaría en ningún momento, ya que el proyecto no aportaría sustancias contaminantes y los materiales de descapote no contienen ninguna sustancia o elemento tóxico que pudiera contaminar al agua superficial o subterránea. Además:</td></tr>
</table>

| Artículo | Disposición | Vinculación |
|---|---|---|
| | | Se construirían obras de conservación de suelos, donde fueran necesarias, para evitar el desplazamiento de materiales por arrastre de la lluvia y la eventual contaminación del agua.<br>Se construirían cunetas en las orillas de la rampa de maniobras, e instalarían toboganes para la conducción de las corrientes sobre taludes, para su descarga aguas abajo.<br>Se instalarían dos canaletas revestidas de captación y conducción de agua pluvial, para protección de la Tepetatera Sur y en la Tepetatera Norte.<br>El dique de contención de la Tepetatera Norte, además de asegurar la estabilidad del depósito, evitaría la afectación de los arroyos aguas abajo por aporte de materiales de arrastre.<br>Las medidas referidas son similares a las establecidas en las autorizaciones de cambio de uso de suelo de terrenos forestales, otorgadas previamente para los proyectos "Tajo Naopa" y "Modificación del Proyecto Tajo Naopa".<br>Para la nueva tepetatera y obras de esta MIA-R, se proponen medidas de prevención y mitigación equivalentes, para garantizar que el proyecto no deteriore la calidad del agua, ni ocasione la disminución de su captación. |
| **TÍTULO TERCERO – Aprovechamiento Sustentable de los Elementos Naturales**<br>**Capítulo II – Preservación y Aprovechamiento Sustentable del suelo y sus Recursos** | | |
| **98** | *Para la preservación y aprovechamiento sustentable del suelo se considerarán los siguientes criterios:*<br>*(…)*<br>*VI.- La realización de las obras públicas o privadas que por sí mismas puedan provocar deterioro severo de los suelos, deben incluir acciones equivalentes de regeneración, recuperación y restablecimiento de su vocación natural.* | La emisión de la autorización de cambio de uso de suelo en terrenos forestales, por parte de la Delegación Federal de SEMARNAT en el estado de Hidalgo, para el proyecto "Modificación del Proyecto Naopa", Oficio No. 133.02.03.1855.2016 (163657), se sustentó en diversas consideraciones técnicas que justifican que la remoción de la vegetación forestal autorizada no provocaría la erosión de los suelos, ya que las medidas de mitigación y compensación que se aplicarían, minimizarían la erosión.<br>Dichas medidas son:<br>La remoción de la vegetación se realizaría de manera paulatina.<br>Se realizaría la revegetación inmediata de las superficies impactadas, con pastos, hierbas y arbustos nativos, en cuanto éstas pasen a la etapa de abandono temporal.<br>En la etapa de abandono definitivo de las áreas afectadas, se realizaría la restauración y reforestación.<br>Las demás autorizaciones en materia de Impacto Ambiental y de Cambio de Uso del Suelo de Terrenos Forestales, que han sido otorgadas a los proyectos "Tajo Naopa" y "Modificación del Proyecto Tajo Naopa", incluyen diversas medidas orientadas a la conservación del suelo, que son observadas y cumplidas por Compañía Minera Autlán. Entre ellas se encuentran:<br>Prevención de la contaminación con lubricantes y combustibles.<br>Limitar la remoción de suelo a las áreas autorizadas.<br>Conservar el suelo en áreas próximas a los escurrimientos pluviales.<br>Revegetación de áreas de depósito libres de uso.<br>Rescate y reutilización de suelo fértil.<br>Programa de Reforestación.<br>Programa de Conservación de Suelo y Agua.<br>Programa de Revegetación Temporal y Mantenimiento de la Estabilización de Taludes.<br>Programa de Restauración.<br>Para la nueva tepetatera y obras de esta nueva MIA-R, se proponen medidas de prevención y mitigación equivalentes, para garantizar que el proyecto no deteriore la calidad del suelo e incremente su pérdida por erosión. |
| **99** | *Los criterios ecológicos para la preservación y aprovechamiento sustentable del suelo se considerarán en:*<br>*(…)*<br>*XI. Las actividades de extracción de materias del subsuelo; la exploración, explotación, beneficio y aprovechamiento de sustancias minerales; las excavaciones y todas aquellas acciones que alteren la cubierta y suelos forestales; (…)* | |

| Artículo | Disposición | Vinculación |
|---|---|---|
| **107 BIS** | *Para preservar y proteger los recursos no renovables y sus ecosistemas, las personas titulares de concesiones y asignaciones mineras deben presentar ante la Secretaría un Programa de Restauración, Cierre y Post-cierre de minas para su evaluación y, en su caso, autorización, de conformidad con el reglamento que se elabore al respecto.*<br>*(…)* | Compañía Minera Autlán cuenta con un Plan General de Restitución del Sitio para la Unidad Minera Naopa, equivalente al Programa de Cierre y Restauración Ambiental, a la autoridad.<br>Una vez que se cuente con la autorización del proyecto integral que se presenta a través de esta MIA-R, se realizará una actualización de dicho Plan. |
| **TÍTULO TERCERO – Aprovechamiento Sustentable de los Elementos Naturales**<br>**Capítulo III – De la Exploración y Explotación de los Recursos No Renovables en el Equilibrio Ecológico** | | |
| **108** | *Para prevenir y controlar los efectos generados en la exploración y explotación de los recursos no renovables en el equilibrio ecológico e integridad de los ecosistemas, la Secretaría expedirá las normas oficiales mexicanas que permitan:*<br>*I.- El control de la calidad de las aguas y la protección de las que sean utilizadas o sean el resultado de esas actividades, de modo que puedan ser objeto de otros usos;*<br>*II. La protección de los suelos y de la flora y fauna silvestres, de manera que las alteraciones topográficas que generen esas actividades sean oportuna y debidamente tratadas; y*<br>*III. La adecuada ubicación y formas de los depósitos de desmontes, relaves y escorias de las minas y establecimientos de beneficios de los minerales.* | En un apartado posterior se expone el cumplimiento y observancia que Compañía Minera Autlán ha dado a la NOM-157-SEMARNAT-2009, relativa a los planes de manejo de residuos mineros. |
| **109** | *Las normas oficiales mexicanas a que se refiere el artículo anterior serán observadas por los titulares de concesiones, autorizaciones y permisos para el uso, aprovechamiento, exploración, explotación y beneficio de los recursos naturales no renovables.* | |
| **TÍTULO CUARTO – Protección al Ambiente**<br>**Capítulo II – Prevención y Control de la Contaminación de la Atmósfera** | | |
| **111 BIS** | *Para la operación y funcionamiento de las fuentes fijas de jurisdicción federal que emitan o puedan emitir olores, gases o partículas sólidas o líquidas a la atmósfera, se requerirá autorización de la Secretaría.*<br>*(…)* | Las operaciones de la unidad Molango cuentan con la Licencia de Funcionamiento No. 11248, mientras que la unidad Nonoalco cuenta con Licencia Ambiental Única No. LAU-04/13/069/001/2006. |
| **Capítulo III – Prevención y Control de la Contaminación del Agua y de los Ecosistemas Acuáticos** | | |
| **120** | *Para evitar la contaminación del agua, quedan sujetos a regulación federal o local:*<br>*I. Las descargas de origen industrial;*<br>*II. Las descargas de origen municipal y su mezcla incontrolada con otras descargas;*<br>*III. Las descargas derivadas de actividades agropecuarias;* | En ninguna de las unidades de Compañía Minera Autlán se descargan aguas de origen industrial. Toda el agua que se utiliza en el procesamiento del manganeso se reutiliza.<br>El agua residual que se genera en las plantas de tratamiento sanitarias, se utiliza en el riego de caminos, de conformidad con el Permiso de Descarga otorgado por la CONAGUA. |

| Artículo | Disposición | Vinculación |
|---|---|---|
| | *IV. Las descargas de desechos, sustancias o residuos generados en las actividades de extracción de recursos no renovables;*<br>*V. La aplicación de plaguicidas, fertilizantes y sustancias tóxicas;*<br>*VI. Las infiltraciones que afecten los mantos acuíferos; y*<br>*VII.- El vertimiento de residuos sólidos, materiales peligrosos y lodos provenientes del tratamiento de aguas residuales, en cuerpos y corrientes de agua.* | Previamente a la utilización del agua residual tratada, se realiza el muestreo de su calidad y se asegura que ésta no contenga contaminantes fuera de los límites normativos.<br>Compañía Minera Autlán cuenta con un Programa de Monitoreo de la Calidad del Agua, que opera bajo un protocolo para el muestreo interno y externo de aguas superficiales, a efecto de identificar la calidad del agua en el área de influencia de las operaciones y prevenir cualcuier posible impacto. Dicho programa se aplica en las tres unidades mineras.<br>El programa opera en 15 estaciones de monitreo en Molango, once en Nonoalco y diez en Naopa, en los que se monitrean los parámetros de la Norma Oficial Mexicana NOM-001-SEMARNAT.2001.<br>Adicionalmente, Compañía Minera Autlán cuenta con un Plan de Manejo Ambiental, a través del cual se implementan en las tres unidades mineras, diversos programas relacionados con el agua, como son:<br>• Programa de cultura del agua.<br>• Programa de mantenimiento de infraestructura, maquinaria, equipo y plantas de tratamiento.<br>• Programa de reciclaje de agua.<br>• Programa de manejo de agua de laboreo.<br>• Programa de manejo de agua pluvial.<br>• Programa de control de escorrentías.<br>• Programa de mantenimiento de cortinas en presas,<br>• Programa de mantenimiento y vigilancia de presas.<br>• Programa de servicios de laboratorios acreditados.<br>• Programa de medición, revisión y cambio de medidores. |
| **121** | *No podrán descargarse o infiltrarse en cualquier cuerpo o corriente de agua o en el suelo o subsuelo, aguas residuales que contengan contaminantes, sin previo tratamiento y el permiso o autorización de la autoridad federal, o de la autoridad local en los casos de descargas en aguas de jurisdicción local o a los sistemas de drenaje y alcantarillado de los centros de población.* | |
| **Capítulo IV – Prevención y Control de la Contaminación del Suelo** | | |
| **136** | *Los residuos que se acumulen o puedan acumularse y se depositen o infiltren en los suelos deberán reunir las condiciones necesarias para prevenir o evitar:*<br>*I. La contaminación del suelo;*<br>*II. Las alteraciones nocivas en el proceso biológico de los suelos;*<br>*III.- Las alteraciones en el suelo que perjudiquen su aprovechamiento, uso o explotación, y*<br>*IV. Riesgos y problemas de salud.* | Los residuos mineros que se generan en la unidad minera están específicamente regulados por la Norma Oficial Mexicana NOM-157-SEMARNAT-2009 (planes de manejo de residuos mineros).<br>El cumplimiento particular que se ha dado a dicha norma se aborda en un apartado posterior de este Capítulo.<br>Los residuos sólidos urbanos, peligrosos y de manejo especial que se generan en las tres unidades mineras, se manejan de conformidad con las obligaciones que derivan de la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos que se analiza más adelante. |
| **Capítulo V – Actividades Consideradas como Altamente Riesgosas** | | |
| **146** | *La Secretaría, (…) establecerá la clasificación de las actividades que deban considerarse altamente riesgosas en virtud de las características corrosivas, reactivas, explosivas, toxicas, inflamables o biológico-infecciosas para el equilibrio ecológico o el ambiente, de los materiales que se generen o manejen en los establecimientos industriales, comerciales o de servicios, considerando, además, los volúmenes de manejo y la ubicación del establecimiento.* | La recuperación y procesamiento del manganeso que se realiza en las unidades mineras Molango y Nonoalco, a partir del mineral minado en el Tajo Naopa, no involucra el uso de sustancias que pudieran tipificar a la actividad como altamente riesgosa.<br>La nodulización del manganeso se realiza por medios mecánicos y alta temperatura; para ello se emplea un horno giratorio que se abastece de gas natural por ducto, desde Venta de Carpio, hasta una estación de regulación, situada en la unidad Molango.<br>El horno rotatorio de nodulización en Molango inició operaciones en 1968, fecha en que no existía una normatividad en materia de actividades riesgosas, sin embargo, a la luz de la normatividad hoy vigente, éste no se tipifica como tal.<br>Respecto de la estación de recepción de gas natural que opera en la unidad Molango, en el año 2006, la Dirección General de Gestión Integral de Materiales y Actividades |
| **147** | *La realización de actividades industriales, comerciales o de servicios altamente riesgosas, se llevarán a cabo con apego a lo dispuesto por esta Ley, las disposiciones reglamentarias que* | |

| Artículo | Disposición | Vinculación |
|---|---|---|
| | *de ella emanen y las normas oficiales mexicanas a que se refiere el artículo anterior.*<br>*Quienes realicen actividades altamente riesgosas, en los términos del Reglamento correspondiente, deberán formular y presentar a la Secretaría un estudio de riesgo ambiental, así como someter a la aprobación de dicha dependencia y de las Secretarías de Gobernación, de Energía, de Comercio y Fomento Industrial, de Salud, y del Trabajo y Previsión Social, los programas para la prevención de accidentes en la realización de tales actividades, que puedan causar graves desequilibrios ecológicos.* | Riesgosas, dictaminó que su operación no es una Actividad Altamente Riesgosa (Oficio No. DGGIMAR.-710/004878 de fecha 3 de julio de 2006 – **Anexo III.1**).<br>Actualmente, la instancia que regula los ductos de hidrocarburos en materia ambiental es la Agencia de Seguridad, Energía y Ambiente (ASEA). |
| **147 BIS** | *Quienes realicen actividades altamente riesgosas, en los términos del Reglamento correspondiente, deberán contar con un seguro de riesgo ambiental (…)* | |
| **149** | *Las entidades federativas regularán la realización de actividades que no sean consideradas altamente riesgosas, cuando éstas afecten el equilibrio de los ecosistemas o el ambiente dentro de la circunscripción territorial correspondiente, de conformidad con las normas oficiales mexicanas que resulten aplicables.*<br>*La legislación local definirá las bases a fin de que la Federación, las entidades federativas, los Municipios y las demarcaciones territoriales de la Ciudad de México, coordinen sus acciones respecto de las actividades a que se refiere este precepto.* | Los cuatro tanques de almacenamiento de diésel ubicados en la unidad Nonoalco cuentan con una capacidad total instalada de 130,000 litros, volumen que se encuentra por debajo del umbral establecido en el Segundo Listado de Actividades Altamente Riesgosas, publicado en el Diario Oficial de la Federación el 4 de mayo de 1992, por lo que no se consideran como una actividad altamente riesgosa conforme a dicha normatividad. |
| **Capítulo VI – Materiales y Residuos Peligrosos** | | |
| **150** | *Los materiales y residuos peligrosos deberán ser manejados con arreglo a la presente Ley, su Reglamento y las normas oficiales mexicanas que expida la Secretaría, (…). La regulación del manejo de esos materiales y residuos incluirá según corresponda, su uso, recolección, almacenamiento, transporte, reuso, reciclaje, tratamiento y disposición final.*<br>*El Reglamento y las normas oficiales mexicanas a que se refiere el párrafo anterior, contendrán los criterios y listados que identifiquen y clasifiquen los materiales y residuos peligrosos por su grado de peligrosidad, considerando sus características y volúmenes; además, habrán de diferenciar aquellos de alta y baja peligrosidad. Corresponde a la Secretaría la regulación y el control de los materiales y residuos peligrosos.*<br>*(…)* | Las tres unidades del proyecto cuentan con registro como generadores de residuos peligrosos y tienen autorización de los planes de manejo respectivos **(Anexo II.12).** |
| **151** | *La responsabilidad del manejo y disposición final de los residuos peligrosos corresponde a quien los genera. En el caso de que se contrate los servicios de manejo y disposición final de los residuos peligrosos con empresas autorizadas por la Secretaría y los residuos sean entregados* | |

| Artículo | Disposición | Vinculación |
|---|---|---|
| | *a dichas empresas, la responsabilidad por las operaciones será de éstas independientemente de la responsabilidad que, en su caso, tenga quien los generó.*<br>*Quienes generen, reusen o reciclen residuos peligrosos, deberán hacerlo del conocimiento de la Secretaría en los términos previstos en el Reglamento de la presente Ley.*<br>*(…)* | |

Teniendo en cuenta las características del proyecto, éste es regulado por tres reglamentos de la LGEEPA en los rubros relativos a la evaluación de impacto y riesgo ambiental; prevención y control de la contaminación de la atmósfera; y el registro de emisiones y transferencia de contaminantes. La vinculación respectiva con estos reglamentos se expone en las Tabla III.5,

Tabla III.6 y III.7.

***Tabla III.5 Vinculación del proyecto con el Reglamento de la LGEEPA en materia de Evaluación del Impacto Ambiental***

| Artículo | Disposición | Vinculación |
|---|---|---|
| **5ª** | *Quienes pretendan llevar a cabo alguna de las siguientes obras o actividades, requerirán previamente la autorización de la Secretaría en materia de impacto ambiental:*<br>*(…)*<br>*L) Exploración, explotación y beneficio de minerales y sustancias reservadas a la Federación:*<br>*I. Obras para la explotación de minerales y sustancias reservadas a la federación, así como su infraestructura de apoyo;*<br>*II. Obras de exploración, (…), y*<br>*III. Beneficio de minerales y disposición final de sus residuos en presas de jales, excluyendo las plantas de beneficio que no utilicen sustancias consideradas como peligrosas y el relleno hidráulico de obras mineras subterráneas.*<br>*(…)*<br>*O) Cambios de uso del suelo de áreas forestales, así como en selvas y zonas áridas:*<br>*I. Cambio de uso del suelo para actividades agropecuarias, acuícolas, de desarrollo inmobiliario, de infraestructura urbana, de vías generales de comunicación o para el establecimiento de instalaciones comerciales, industriales o de servicios en predios con vegetación forestal,*<br>*(…)* | La autorización en materia de impacto ambiental del proyecto "Unidad Minera Naopa", que se pretende obtener a través de esta MIA-R se encuadra en las fracciones I y II del inciso L) y I del inciso O).<br>Se resalta que la fracción III del inciso L) del Reglamento excluye de la obligación de obtener autorización de impacto ambiental, a las plantas de beneficio que no utilicen sustancias consideradas como peligrosas, como es el caso de las actividades que se desarrollan en las unidades Molango y Nonoalco. |
| **9** | *Los promoventes deberán presentar ante la Secretaría una manifestación de impacto ambiental, en la modalidad que corresponda, para que ésta realice la evaluación del proyecto de la obra o actividad respecto de la que se solicita autorización.*<br>*(…)* | |
| **10** | *Las manifestaciones de impacto ambiental deberán presentarse en las siguientes modalidades:*<br>*I. Regional, o* | |

| Artículo | Disposición | Vinculación |
|---|---|---|
| | *II. Particular.* | |
| **11** | *Las manifestaciones de impacto ambiental se presentarán en la modalidad regional cuando se trate de:*<br>*(…)*<br>*III. Un conjunto de proyectos de obras y actividades que pretendan realizarse en una región ecológica determinada, (…)*<br>*(…)* | Esta Manifestación de Impacto Ambiental se presenta en la modalidad Regional, debido a que está referida al conjunto de obras y actividades que se desarrollan en las tres unidades de Compañía Minera Autlán (UM Naopa, UM Molango y UM Nonoalco), encuadrándose en el supuesto que indica la fracción III del artículo. |
| **13** | *La manifestación de impacto ambiental, en su modalidad regional, deberá contener la siguiente información:*<br>*I. Datos generales del proyecto, del promovente y del responsable del estudio de impacto ambiental; II. Descripción de las obras o actividades y, en su caso, de los programas o planes parciales de desarrollo;*<br>*III. Vinculación con los instrumentos de planeación y ordenamientos jurídicos aplicables;*<br>*IV. Descripción del sistema ambiental regional y señalamiento de tendencias del desarrollo y deterioro de la región;*<br>*V. Identificación, descripción y evaluación de los impactos ambientales, acumulativos y residuales, del sistema ambiental regional;*<br>*VI. Estrategias para la prevención y mitigación de impactos ambientales, acumulativos y residuales, del sistema ambiental regional;*<br>*VII. Pronósticos ambientales regionales y, en su caso, evaluación de alternativas, y*<br>*VIII. Identificación de los instrumentos metodológicos y elementos técnicos que sustentan los resultados de la manifestación de impacto ambiental.* | Este documento contiene íntegramente los rubros de información que señala la disposición. Igualmente, toma como referencia las recomendaciones que indica la *Guía para la elaboración de la Manifestación de Impacto Ambiental, Modalidad Regional*, dada a conocer en 2022 por la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT). |
| **17** | *El promovente deberá presentar a la Secretaría la solicitud de autorización en materia de impacto ambiental, anexando:*<br>*I. La manifestación de impacto ambiental;*<br>*II. Un resumen del contenido de la manifestación de impacto ambiental, presentado en disquete, y*<br>*III. Una copia sellada de la constancia del pago de derechos correspondientes.*<br>*(...)* | La solicitud de autorización presentada a la Secretaría incluye esta Manifestación de Impacto Ambiental, el resumen correspondiente y la constancia del pago de derechos. |
| **36** | *Quienes elaboren los estudios deberán observar lo establecido en la Ley, este reglamento, las normas oficiales mexicanas y los demás ordenamientos legales y reglamentarios aplicables. Asimismo, declararán, bajo protesta de decir verdad, que los resultados se obtuvieron a través de la aplicación de las mejores técnicas y metodologías comúnmente utilizadas por la comunidad científica del país y del uso de la mayor información disponible, y que las medidas de prevención y mitigación sugeridas son las más efectivas para atenuar los impactos ambientales.*<br>*La responsabilidad respecto del contenido del documento corresponderá al prestador de servicios o, en su caso, a quien lo suscriba. (…)* | Como parte de esta Manifestación de Impacto Ambiental se incluye la declaración bajo protesta de decir verdad, de que la información y resultados aquí presentados se obtuvieron a través de la aplicación de las mejores técnicas y metodologías comúnmente utilizadas por la comunidad científica, y que las medidas de prevención y mitigación sugeridas, ofrecen las alternativas más efectivas para atenuar los impactos ambientales del proyecto. |
| **47** | *La ejecución de la obra o la realización de la actividad de que se trate deberá sujetarse a lo previsto en la resolución respectiva, en las normas oficiales mexicanas que al efecto se expidan y en las demás disposiciones legales y reglamentarias aplicables.*<br>*(…)* | Compañía Minera Autlán cumple con los términos y condicionantes establecidos en las autorizaciones otorgadas a los proyectos “Tajo Naopa” y “Modificación del Proyecto Tajo Naopa”, así como con las disposiciones de la normas oficiales mexicanas que son aplicables a las actividades que desarrolla. |

| Artículo | Disposición | Vinculación |
|---|---|---|
| | | Con la resolución que se emita a esta MIA-R, se pretende integrar en un solo instrumento legal, al conjunto de obligaciones en materia de impacto ambiental de las resoluciones previamente emitidas.<br>En el desarrollo de las nuevas obras y actividades, cuya autorización se solicita con esta MIA, se observarán y cumplirán ls dispposiciones de las normas oficiales mexianas aplicables. |
| **51** | *La Secretaría podrá exigir el otorgamiento de seguros o garantías respecto del cumplimiento de las condiciones establecidas en las autorizaciones, cuando durante la realización de las obras puedan producirse daños graves a los ecosistemas.*<br>*Se considerará que pueden producirse daños graves a los ecosistemas, cuando:*<br>*I. Puedan liberarse sustancias que al contacto con el ambiente se transformen en tóxicas, persistentes y bioacumulables;*<br>*II. En los lugares en los que se pretenda realizar la obra o actividad existan cuerpos de agua, especies de flora y fauna silvestre o especies endémicas, amenazadas, en peligro de extinción o sujetas a protección especial;*<br>*III. Los proyectos impliquen la realización de actividades consideradas altamente riesgosas conforme a la Ley, el reglamento respectivo y demás disposiciones aplicables, y*<br>*IV. Las obras o actividades se lleven a cabo en Áreas Naturales Protegidas.* | Considerando que en la región donde se asienta la Unidad Minera Naopa, se distribuyen algunas especies de flora y fauna silvestre endémicas o clasificadas por la normatividad como amenazadas, en peligro de extinción o sujetas a protección especial (fracción II del artículo), en la autorización de impacto ambiental para la modificación del proyecto "Tajo Naopa" (Oficio No. SGPA/DGIRA/DG/04912 del 9 de julio de 2018) la autoridad ambiental solicitó a Compañía Minera Autlán la presentación del Estudio Técnico Económico que permitiera definir el monto del instrumento de garantía.<br>En cumplimiento a la condicionante señalada, en agosto de 2018 la compañía presento a la autoridad el Estudio Técnico Económico y la propuesta del monto del instrumento de garantía, los cuales fueron aprobados por la SEMARNAT mediante oficio SGPA/DGIRA/ DG/ 05703 del 8 de agosto de 2018 **(Anexo II.13)**.<br>En la autorización del proyecto "Tajo Acuatitla" (Oficio SGPA/DGIRA/DG/03909 del 3 de septiembre de 2020) también se solicitó la presentación del Estudio Técnico Económico que permitiera definir el monto del instrumento de garantía. Esta condicionante se cumplió con la presentación del Estudio Técnico Económico y la propuesta del monto del instrumento de garantía, los cuales fueron aprobados mediante el Oficio SGPA/DGIRA/DG/04262 del 6 de septiembre 2021.<br>Actualmente**,** Compañía Minera Autlán mantiene vigente ambos instrumentos de garantía. |
| **53** | *El promovente deberá, en su caso, renovar o actualizar anualmente los montos de los seguros o garantías que haya otorgado.* | La póliza de garantía de los proyectos "Modificación del proyecto Tajo Naopa" y "Tajo Acuatitla", han sido renovadas anualmente.. |

***Tabla III.6 Vinculación del proyecto con el Reglamento de la LGEEPA en materia de Prevención y Control de la Contaminación de la Atmósfera***

| Artículo | Disposición | Vinculación |
|---|---|---|
| **10** | *Serán responsables del cumplimiento de las disposiciones del Reglamento y de las normas técnicas ecológicas que de él se deriven, las personas físicas o morales, públicas o privadas, que pretendan realizar o que realicen obras o actividades por las que se emitan a la atmósfera olores, gases o partículas sólidas o líquidas.* | De acuerdo con la fracción VI del inciso D) de este artículo, dentro del sector industria metalúrgica, el beneficio de manganeso se considera una fuente fija de jurisdicción Federal, sujeta a las disposiciones del reglamento.<br>Las disposiciones de este reglamento se orientan a la regulación de las emisiones de olores, gases y partículas a la atmósfera, emitidas por fuentes fijas de jurisdicción Federal.<br>Toda vez que el método de beneficio de manganeso que se emplea en la UM Molango es el de enriquecimiento por calentamiento, que emplea altas temperaturas y genera emisiones de gases y partículas; y en la UM Nonoalco se emplean los métodos mecánico, de separación por gravedad, y de lavado y cribado, que generan emisiones particuladas; ambas UM están obligadas al cumplimiento de las disposiciones del reglamento para prevenir y controlar su emisiones. |

| Artículo | Disposición | Vinculación |
|---|---|---|
| **13** | *Para la protección a la atmósfera se considerarán los siguientes criterios:*<br>*I.- La calidad del aire debe ser satisfactoria en todos los asentamientos humanos y las regiones del país; y*<br>*II.- Las emisiones de contaminantes a la atmósfera, sean de fuentes artificiales o naturales, fijas o móviles, deben ser reducidas o controladas, para asegurar una calidad del aire satisfactoria para el bienestar de la población y el equilibrio ecológico.* | Para asegurar que la calidad del aire sea satisfactoria en los asentamientos humanos próximos a las UM Molango y Nonoalco, Compañía Minera Autlán ha incorporado en sus procesos tecnologías de alta eficiencia que mitiga las emisiones a la atmósfera de sus procesos.<br>La verificación de la calidad del aire se realiza mediante el monitoreo constante por parte de la empresa, y muestreo externo de partículas suspendidas $PM_{10}$ y $PM_{2.5}$ cada 90 días, conforme a la Norma Oficial Mexicana NOM-025-SSSA1-2021. |
| **16** | *Las emisiones de olores, gases, así como de partículas sólidas y liquidas a la atmósfera que se generen por fuentes fijas, no deberán exceder los niveles máximos permisibles de emisión e inmisión, por contaminantes y por fuentes de contaminación que se establezcan en las normas técnicas ecológicas que para tal efecto expida la Secretaría (…)*<br>*(…)* | |
| **17** | *Los responsables de las fuentes fijas de jurisdicción federal, por las que se emitan olores, gases o partículas sólidas o liquidas a la atmósfera estarán obligados a:*<br>*I.- Emplear equipos y sistemas que controlen las emisiones a la atmósfera, para que éstas no rebasen los niveles máximos permisibles establecidos en las normas técnicas ecológicas correspondientes;*<br>*II.- Integrar un inventario de sus emisiones contaminantes a la atmósfera, en el formato que determine la Secretaría;*<br>*III.- Instalar plataformas y puertos de muestreo;*<br>*IV.- Medir sus emisiones contaminantes a la atmósfera, registrar los resultados en el formato que*<br>*determine la Secretaría y remitir a ésta los registros, cuando así lo solicite;*<br>*V.- Llevar a cabo el monitoreo perimetral de sus emisiones contaminantes a la atmósfera, cuando la fuente de que se trate se localice en zonas urbanas o suburbanas, cuando colinde con áreas naturales protegidas, y cuando por sus características de operación o por sus materias primas, productos y subproductos, puedan causar grave deterioro a los ecosistemas, a juicio de la Secretaría;*<br>*VI.- Llevar una bitácora de operación y mantenimiento de sus equipos de proceso y de control;*<br>*VII.- Dar aviso anticipado a la Secretaría del inicio de operación de sus procesos, en el caso de paros programados, y de inmediato en el caso de que éstos sean circunstanciales, si ellos pueden provocar contaminación;*<br>*VIII.- Dar aviso inmediato a la Secretaría en el caso de falla del equipo de control, para que ésta determine lo conducente, si la falla puede provocar contaminación; y*<br>*IX.- Las demás que establezcan la Ley y el Reglamento.* | En cumplimiento de las disposiciones de este artículo, para reducir las emisiones a la atmósfera Compañía Minera Autlán realiza las siguientes acciones:<br>En las unidades Molango y Nonoalco se han instalado colectores de polvos.<br>Se realiza el monitoreo constante y la medición de $PM_{10}$ y $PM_{2.5}$ cada 90 días de acuerdo con la norma de salud.<br>En los sitios pertinentes de las unidades se cuenta con puertos de muestreo.<br>Se mantiene registro de todas sus emisiones y se reportan a la autoridad.<br>Se lleva una bitácora de operación y mantenimiento de los equipos de proceso y de control.<br>El reporte de la emisiones a la atmósfera a la Secretaría, se realiza a través de las Cédulas de Operación Anual. |
| **17 BIS** | *Para los efectos del presente Reglamento, se consideran subsectores específicos pertenecientes a cada uno de los sectores industriales señalados en el artículo 111 Bis de la Ley, como fuentes fijas de jurisdicción Federal los siguientes:*<br>*(…)*<br>*D) INDUSTRIA METALÚRGICA:*<br>*(…)*<br>*VI. Minería de manganeso; sólo incluye beneficio;* | Las UM Molango y Nonoalco se encuadran en la fracción VI del inciso D). |

| Artículo | Disposición | Vinculación |
|---|---|---|
| | *(…)* | |
| **18** | *Sin perjuicio de las autorizaciones que expidan otras autoridades competentes, las fuentes fijas de jurisdicción federal que emitan o puedan emitir olores, gases o partículas sólidas o líquidas a la atmósfera, requerirán licencia de funcionamiento expedida por la Secretaría, la que tendrá una vigencia indefinida.* | Las unidades Molango cuenta con la Licencia de Funcionamiento No. 11248, expedida en noviembre de 1998 por la extinta Dirección General de Regulación Ambiental. Esta licencia ampara la operación y funcionamiento de la Planta de Nodulización.<br>La unidad Nonoalco cuenta con la Licencia Ambiental Única No. LAU-04/13/069/001/2006.<br>Las licencias referidas se presentan en el **Anexo III.2.** |
| **21** | *Los responsables de fuentes fijas de jurisdicción federal que cuenten con licencia otorgada por las unidades administrativas competentes de la Secretaría deberán presentar ante ésta, una Cédula de Operación Anual dentro del periodo comprendido entre el 1o. de marzo y el 30 de junio de cada año, los interesados deberán utilizar la Cédula de Operación Anual a que se refiere el artículo 10 del Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente en materia de Registro de Emisiones y Transferencia de Contaminantes.* | Compañía Minera Autlán presenta anualmente a la Secretaría la Cédula de Operación Anual (COA) correspondiente a sus emisiones y los rubros que le son aplicables conforme al el artículo 10 del Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente en materia de Registro de Emisiones y Transferencia de Contaminantes.. |

***Tabla III.7 Vinculación del proyecto con el Reglamento de la LGEEPA en materia de Registro de Emisiones y Transferencia de Contaminantes***

| Artículo | Disposición | Vinculación |
|---|---|---|
| **9ª** | Se consideran Establecimientos sujetos a reporte de competencia federal los siguientes:<br>I. Los señalados en el segundo párrafo del artículo 111 Bis de la Ley, incluyendo a aquéllos que realizan Actividades del Sector Hidrocarburos;<br>II. Los generadores de residuos peligrosos en términos de las disposiciones aplicables, y<br>III. Aquéllos que descarguen aguas residuales en cuerpos receptores que sean aguas nacionales. | Las unidades mineras Naopa, Molango y Nonoalco, son Establecimientos Sujeto a Reporte de competencia federal debido a la generación de residuos peligrosos y la descarga de aguas residuales tratadas. |
| **10** | Para actualizar la Base de datos del Registro, los establecimientos sujetos a reporte de competencia federal, deberán presentar la información sobre sus emisiones y transferencia de contaminantes al aire, agua, suelo y subsuelo, materiales y residuos peligrosos, conforme a lo señalado en el artículo 19 y 20 del presente reglamento, así como de aquellas sustancias que determine la Secretaría como sujetas a reporte en la Norma Oficial Mexicana correspondiente.<br>La información a que se refiere el párrafo anterior se proporcionará a través de la Cédula, la cual contendrá la siguiente información:<br>(…)<br>V. La relativa a las emisiones de contaminantes a la atmósfera, en la cual se incluirán las características de la maquinaria, equipo o actividad que las genere, (…);<br>VI. La respectiva al aprovechamiento de agua, registro de descargas y transferencia de contaminantes y sustancias al agua, en la cual se reportarán las fuentes de extracción de agua, los datos generales de las descargas, (…);<br>VII. La inherente a la generación y transferencia de residuos peligrosos, la cual contendrá el número de registro del generador los datos de generación y transferencia de residuos peligrosos, incluyendo los | De conformidad con lo indicado por el artículo Compañía Minera Autlán reporta anualmente, a través de la Cédula de Operación Anual, sus emisiones contaminantes a la atmósfera (fracción V); la información relativa al aprovechamiento de agua y descargas; la relativa a la generación de residuos peligrosos (fracción VII); y la concerniente a la prevención y manejo de la contaminación (fracción X).<br>No se incluye en la COA información relativa a la emisión y transferencia de sustancias sujetas a reporte para el Registro de Emisiones y Transferencia de Contaminantes, que establece la Norma Oficial Mexicana NOM-165-SEMARNAT-2013, ya que ninguno de los procesos o actividades que se realizan involucra alguna de sustancias enlistadas como sujetas a reporte. |

| Artículo | Disposición | Vinculación |
|---|---|---|
| | relativos a su almacenamiento dentro del establecimiento, así como a su tratamiento y disposición final;<br>VIII. La concerniente a la emisión y transferencia de aquellas sustancias que determine la Secretaría como sujetas a reporte en la Norma Oficial Mexicana correspondiente, (…);<br>IX. La referente para aquellas emisiones o transferencias derivadas de accidentes, contingencias, fugas o derrames, inicio de operaciones y paros programados, (…), y<br>X. La relativa a la prevención y manejo de la contaminación, en la cual se describirán las actividades de prevención realizadas en la fuente y su área de aplicación, así como las de reutilización, reciclaje, obtención de energía, tratamiento, control o disposición final de las sustancias a que se refiere la fracción VIII del presente artículo.<br>(…) | |
| **18** | Las sustancias sujetas a reporte de competencia federal, los umbrales de reporte y los criterios técnicos y procedimientos para incluir y excluir sustancias serán determinados en la Norma Oficial Mexicana correspondiente, la cual contemplará sustancias y contaminantes del aire, agua, suelo y subsuelo, materiales y residuos peligrosos, así como compuestos orgánicos persistentes, gases de efecto invernadero y sustancias agotadoras de la capa de ozono. | |

## III.1.4. Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable

La Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable, publicada en el Diario Oficial de la Federación en junio de 2018, es reglamentaria del artículo 27 de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos y tiene por objeto regular y fomentar el manejo integral y sustentable de los territorios forestales, la conservación, protección, restauración, producción, ordenación, el cultivo, manejo y aprovechamiento de los ecosistemas forestales del país y sus recursos.

Los preceptos de esta ley y sus instrumentos están orientados a la conservación y regulación del uso del suelo y el aprovechamiento de terrenos forestales.

El proyecto se vincula con esta ley en lo relativo al Cambio de Uso de Suelo en Terrenos Forestales (Tabla III.8)

*Tabla III.8 Vinculación del proyecto con la Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable y su reglamento*

| Artículo | Disposición | Vinculación |
|---|---|---|
| **SECCIÓN VII – Del Cambio de Uso de Suelo en Terrenos Forestales** | | |
| **93** | La Secretaría solo podrá autorizar el cambio de uso de suelo en terrenos forestales por excepción, previa opinión técnica de los miembros del Consejo Estatal Forestal de que se trate y con base en los estudios técnicos justificativos cuyo contenido se establecerá en el Reglamento, los cuales demuestren que la biodiversidad de los ecosistemas que se verán afectados se mantenga, y que la erosión de los suelos, la capacidad de almacenamiento de carbono, el deterioro de la calidad del agua o la disminución en su captación se mitiguen en las áreas afectadas por la remoción de la vegetación forestal.<br>(…)<br>Las autorizaciones que se emitan deberán integrar un programa de rescate y reubicación de especies de la flora y fauna afectadas y su | Compañía Minera Autlán cuenta con las autorizaciones de cambio de uso de suelo en terrenos forestales, que han sido necesarias para realizar las actividades de explotación en la UM Naopa:<br>Oficio No. SRN/303.-970490 del 20 de marzo de 1997 (9.43 ha).<br>Oficio No. SRN/103.-980267 del 12 de febrero de 1998 (42.45 ha).<br>Oficio No. 133.02.03/708/2012 del 15 de noviembre de 2012 - Autorización de IA y CUS mediante DTU-A del proyecto "Modificación del Proyecto Tajo Naopa" - CUS en 15.4090 ha. |

| | | |
|---|---|---|
| | adaptación al nuevo hábitat conforme se establezca en el Reglamento. Dichas autorizaciones deberán sujetarse a lo que, en su caso, dispongan los programas de ordenamientos ecológicos correspondientes, las Normas Oficiales Mexicanas y demás disposiciones legales y reglamentarias aplicables.<br>(…) | Oficio No. 133.02.02/351/2013/132739 del 28 de noviembre de 2013.<br>Oficio No. 133.02.02/060/2015/150365 del 9 de febrero de 2015 (3.3 ha).<br>Oficio No. 133.02.02.0323.2016/162270 del 3 de junio de 2016 (2.4 ha).<br>Oficio No. 133.02.03.1855.2016/163657 del 14 de septiembre de 2016 (2.6217 ha).<br>En su conjunto, las autorizaciones otorgadas amparan la remoción de vegetación en 69.9107 ha.<br>Como lo indica esta disposición, en las autorizaciones otorgadas se ha acreditado que la biodiversidad del ecosistema en el que se ha incidido no se verá afectada, y que la erosión de los suelos, la capacidad de almacenamiento de carbono, el deterioro de la calidad del agua o la disminución en su captación serán mitigadas.<br>Igualmente, dichas autorizaciones han incluido un Programa de Rescate y Reubicación de Flora y Fauna.<br>El desarrollo del proyecto propuesto en esta MIA-R incluye una nueva obras en la unidad Naopa, que requiere de la autorización de Cambio de Uso del Suelo de Terrenos Forestales en 37.9590 ha. La autorización correspondiente se tramitará oportunamente ante la autoridad competente en la materia. |
| **Reglamento de la Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable** | | |
| **Sección VI**<br>**Cambio de Uso de Suelo en Terrenos Forestales** | | |
| **139** | Para solicitar la autorización de Cambio de uso del suelo en Terrenos forestales, el interesado presentará la solicitud mediante el formato que para tal efecto expida la Secretaría, el cual deberá contener, por lo menos, lo siguiente:<br>(…) | La solicitud de autorización de cambio de Uso de Suelo en Terrenos Forestales (CUSTF) para este nuevo proyecto “Unidad Minera Naopa”, se presentará a la Secretaría, acompañada del Estudio Técnico Justificativo y la documentación e información que indican las disposiciones reglamentarias.<br>El Estudio Técnico Justificativo que se presente, será integrado de acuerdo con los contenidos que indican los artículos 139 y 141. |
| **141** | Los estudios técnicos justificativos a que se refiere el artículo 93 de la Ley, deberán contener, por lo menos, lo siguiente:<br>(…) | |

## III.1.5. Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos

La Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos, promulgada en el Diario Oficial de la Federal el 8 de octubre de 2003 y reformada, el 8 de mayo de 2023, es reglamentaria de las disposiciones de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos que se refieren a la protección al ambiente en el territorio nacional, en materia de prevención y gestión integral de residuos.

Sus disposiciones tienen por objeto garantizar el derecho de toda persona al medio ambiente sano y propiciar el desarrollo sustentable a través de la prevención de la generación valorización y gestión integral de los residuos peligrosos, mineros y metalúrgicos sólidos urbanos y de manejo especial; así como prevenir la contaminación de sitios con estos residuos y llevar a cabo su remediación (Artículo 1).

Esta ley es relevante para el análisis del proyecto por la generación de residuos mineros y peligrosos. La vinculación de éste con la ley se expone en la Tabla III.9.

*Tabla III.9 Vinculación del proyecto con la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos y su reglamento*

| Artículo | Disposición | Vinculación |
|---|---|---|
| **TÍTULO PRIMERO**<br>**DISPOSICIONES GENERALES**<br>**CAPÍTULO ÚNICO**<br>**OBJETO Y ÁMBITO DE APLICACIÓN DE LA LEY** | | |
| **5** | *Para los efectos de esta Ley se entiende por:*<br>*(…)*<br>*XXX Bis. Residuos metalúrgicos: Son aquellos provenientes de los procesos de fundición, refinación y transformación de metales;*<br>*XXX Bis 1. Residuos mineros: Son aquellos provenientes de las actividades de la explotación y beneficio de minerales o sustancias;*<br>*(…)* | Las actividades de explotación en el Tajo Naopa y los procesos que se realizan en las UM Molango y Nonoalco generan residuos mineros y peligrosos, cuya regulación es objeto de esta ley y su reglamento, y están sujetos a los planes de manejo correspondientes.<br>Compañía Minera Autlán cuenta con registro como generador de residuos peligrosos **(Anexo II.12).**<br>Tal como lo permite la ley, los residuos de la explotación (material de descapote no peligroso) permanecen en el sitio de su generación, dispuestos en las tepetateras.<br>Los residuos que se generan en la UM Molango corresponden a impurezas que resultan del proceso de nodulización del manganeso. Dichos residuos son enviados a la Planta de Tamos Ferroaleaciones, en el estado de Veracruz.<br>En la UM Nonoalco se generan lamas o material descartado del proceso (roca gruesa o fina eliminada de los procesos de selección, que no ha sido sometida a tratamiento con ninguna sustancia química). Este material se encuentra en depósitos en el sitio, y serán re-procesados en el mismo sitio, para recuperar sus contenidos de manganeso.<br>Las tepetateras de la UM Naopa, tal como lo confirman las autorizaciones otorgadas, se sitúan fuera de áreas naturales protegidas, humedales, cauces, zonas federales de aguas nacionales y lugares en donde eventualmente pudieran afectar núcleos de población, La nueva tepetatera, cuya autorización se solicita a través de esta MIA, tampoco afectará ese tipo de sitios. |
| **17** | *Los residuos mineros provenientes del minado y tratamiento de minerales tales como jales, residuos de los patios de lixiviación abandonados, así como los metalúrgicos provenientes de los procesos de fundición, refinación y transformación de metales, (…) son de regulación y competencia federal y están sujetos a los planes de manejo previstos en esta Ley y demás instrumentos jurídicos de gestión ambiental. (…)*<br>*Los residuos mineros y metalúrgicos, según sea el caso, pueden disponerse finalmente en el sitio de su generación; su peligrosidad y manejo integral se determina conforme a la presente Ley y las disposiciones jurídicas aplicables.*<br>*Queda prohibida la disposición final de los residuos mineros y residuos metalúrgicos en áreas naturales protegidas, humedales, cauces y zonas federales de aguas nacionales o en lugares que por el trayecto que seguirían los residuos ante su ruptura afecten núcleos de población.*<br>*Los residuos que se generen por la exploración, explotación, beneficio o aprovechamiento de una concesión minera son responsabilidad permanente e intransferible de la persona titular de la concesión, sin importar que su gestión sea realizada a través de un tercero que compartirá solidariamente dicha responsabilidad.* | |
| **TÍTULO CUARTO**<br>**INSTRUMENTOS DE LA POLÍTICA DE PREVENCIÓN Y GESTIÓN INTEGRAL DE LOS RESIDUOS**<br>**CAPÍTULO DOS**<br>**PLANES DE MANEJO** | | |
| **28** | *Estarán obligados a la formulación y ejecución de los planes de manejo, según corresponda:*<br>*(…)*<br>*II. Los generadores de los residuos peligrosos a los que se refieren las fracciones XII a XV del artículo 31 y de aquellos que se incluyan en las normas oficiales mexicanas correspondientes;*<br>*(…)* | Compañía Minera Autlán se encuentra registrada ante SEMARNAT como Generador de Residuos Peligrosos y cuenta con la autorización del Programa de Manejo respectivo **(Anexo II.12).**<br>Los residuos peligrosos que se generan, corresponden a aquéllos que se producen por las actividades de mantenimiento de los vehículos que se emplean en las operaciones (trapos impregnados de hidrocarburos, aceite gastado, lodos impregnados con aceite provenientes del lavado de las unidades y filtros, así como también residuos biológico-infecciosos procedentes del servicio médico.<br>Dichos residuos se almacenan temporalmente, antes de ser entregados a empresas autorizada por SCT y SMARNAT para su disposición final. En cada unidad minera s cuenta con almacenes especiales para el resguardo seguro de estos residuos. |
| **31** | *Estarán sujetos a un plan de manejo los siguientes residuos peligrosos y los productos usados, caducos, retirados del comercio o que se desechen y que estén clasificados como tales en la norma oficial mexicana correspondiente:*<br>*I. Aceites lubricantes usados:*<br>*(…)*<br>*V. Baterías eléctricas a base de mercurio o níquel-cadmio;* | |

| | | |
|---|---|---|
| | *VI. Lámparas fluorescentes y de vapor de mercurio:*<br>*(…)* | Los almacenes de residuos peligrosos cuentan con paredes de block, techo y piso de concreto con canaleta y dique de recuperación de líquidos; poseen ventilación e iluminación natural, y acceso restringido.<br>Los residuos del procesamiento de mineral, denominados lamas, consisten en material rocoso, grueso o fino, carente de cualquier sustancia química, y de la misma naturaleza y composición del material extraído del depósito, por lo que no se consideran peligrosos. Dichos residuos se han ido acumulando en 21 depósitos, próximos a la Unidad Minera Nonoalco. Dado que este material aún tiene contenidos de manganeso, se tiene proyectada su recuperación.<br>Respecto de los residuos de manejo especial, éstos se separan en cada unidad y se comercializan con empresas autorizadas por el gobierno estatal. |
| **33** | *Las empresas o establecimientos responsables de los planes de manejo deben presentar, para su registro a la Secretaría, los relativos a los residuos peligrosos, a los residuos mineros y a los residuos metalúrgicos; y para efectos de su conocimiento a las autoridades estatales los residuos de manejo especial, y a las municipales para el mismo efecto los residuos sólidos urbanos, de conformidad con lo dispuesto en esta Ley y según lo determinen su Reglamento y demás ordenamientos que de ella deriven.*<br>*(…)* | |
| **TÍTULO QUINTO**<br>**MANEJO INTEGRAL DE RESIDUOS PELIGROSOS**<br>**CAPÍTULO I**<br>**DISPOSICIONES GENERALES** | | |
| **40** | *Los residuos peligrosos, mineros y metalúrgicos deben ser manejados conforme a lo dispuesto en la presente Ley, su Reglamento, las normas oficiales mexicanas y las demás disposiciones que de este ordenamiento se deriven.* | Los residuos peligrosos que se generan en las tres unidades mineras son manejados de manera segura, ambientalmente adecuada y atendiendo a las disposiciones de la ley y su reglamento. |
| **41** | *Los generadores de residuos peligrosos, mineros y metalúrgicos, así como los gestores de este tipo de residuos, deben manejarlos de manera segura y ambientalmente adecuada conforme a los términos señalados en esta Ley.* | Los únicos residuos mineros que genera el proyecto son tepetate, polvos de hornos y jales. Todos ellos se manejan conforme a las disposiciones de la ley, la Norma Oficial Mexicana NOM-157-SEMARNAT-2009 y las mejores prácticas de la industria.<br>La empresa cuenta con el Plan de Manejo de Residuos Mineros (polvos) de la unidad Molango, registrado ante SEMARNAT con el Número 13-PMM-I-0038-2019 **(Anexo II.12).**<br>Respecto del tepetate, como lo indica la normatividad y la NOM-157-SEMARNAT-2009, éste se deposita en el sitio de generación. Así, el tepetate que produce el minado en el Tajo Naopa se deposita en las tepetateras con que se cuenta, y el que resulta del minado subterráneo es reutilizado en el relleno de la mina.<br>Los análisis realizados a muestras del tepetate indican que no es generador de drenaje ácido.<br>En cuanto a los jales, éstos se han depositado históricamente en depósitos rústicos de diferentes capacidades en un predio de la Unidad Nonoalco. Se trata de depósitos temporales, puesto que su objetivo primordial es almacenar los jales (lamas o lodos) como reservas que eventualmente serán re-procesadas.<br>Los análisis practicados a muestras de jales indican que no son generadores de ácido y que sus contenidos de metales lixiviables se encuentran muy por debajo de los límites máximos permisibles de la NOM-140-SEMARNAT-2003. |
| **42** | *Los generadores y demás poseedores de residuos peligrosos, mineros y metalúrgicos pueden contratar los servicios de manejo de estos residuos con empresas o gestores autorizados para tales efectos por la Secretaría, o bien transferirlos a industrias para su utilización como insumos dentro de sus procesos, cuando previamente haya sido autorizado por esta dependencia, mediante un plan de manejo para dichos insumos, basado en la minimización de sus riesgos. No obstante, compartirán de manera solidaria la responsabilidad.*<br>*La responsabilidad del manejo y disposición final de los residuos peligrosos corresponde a quien los genera. En el caso de que se* | Compañía Minera Autlán contrata los servicios de empresas autorizadas por SCT u SEMARNAT para el manejo, transporte y disposición final de residuos peligrosos.<br>El manejo y disposición de los residuos mineros se realiza conforme a las disposiciones de la norma oficial mexicana específica (NOM-157-SEMARNAT-2009 y las mejores prácticas de la industria. |

| | | |
|---|---|---|
| | *contraten los servicios de manejo y disposición final de residuos peligrosos por empresas autorizadas por la Secretaría y los residuos sean entregados a dichas empresas, la responsabilidad por las operaciones será de éstas, independientemente de la responsabilidad que tiene el generador.*<br>*Los generadores de residuos peligrosos que transfieran éstos a empresas o gestores que presten los servicios de manejo, deberán cerciorarse ante la Secretaría que cuentan con las autorizaciones respectivas y vigentes, en caso contrario serán responsables de los daños que ocasione su manejo.*<br>*El manejo y disposición final de los residuos mineros y metalúrgicos es responsabilidad de quien los genera, por lo que debe presentar evidencia verificable de que opera bajo el estricto cumplimiento de la normativa aplicable.* | |
| **CAPÍTULO II**<br>**GENERACIÓN DE RESIDUOS PELIGROSOS** | | |
| **45** | *Los generadores de residuos peligrosos, mineros y metalúrgicos deben identificar, clasificar y manejar sus residuos de conformidad con las disposiciones contenidas en esta Ley y en su Reglamento, así como en las normas oficiales mexicanas que al respecto expida la Secretaría.*<br>*En cualquier caso los generadores deberán dejar libres de residuos peligrosos y de contaminación que pueda representar un riesgo a la salud y al ambiente, las instalaciones en las que se hayan generado éstos, cuando se cierren o se dejen de realizar en ellas las actividades generadoras de tales residuos.* | Compañía Minera Autlán realiza *in situ* la clasificación de todos los residuos que se generan en las unidades, incluyendo los mineros y peligrosos. En el manejo de los residuos se observan las disposiciones contenidas en la ley, su reglamento y la NOM-157-SEMARNAT-2009. |
| **Reglamento de la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos** | | |
| **24** | *Las personas que conforme a lo dispuesto en la Ley deban registrar ante la Secretaría los planes de manejo de residuos peligrosos se sujetarán al siguiente procedimiento:*<br>*(…)* | Compañía Minera Autlán se encuentra registrada ante SEMARNAT como Generador de Residuos Peligrosos y cuenta con la autorización del Programa de Manejo respectivo **(Anexo II.12).** |
| **34** | *Para los efectos del artículo 17 de la Ley, por sitio de generación debe entenderse tanto el predio en el que se desarrolle el proceso que da origen a los residuos como aquél en donde se encuentran las instalaciones, en términos de la fracción X del artículo 2 de este Reglamento.*<br>*(…)*<br>*La disposición final de residuos de la industria minera se efectuará de conformidad con la norma oficial mexicana correspondiente. Los generadores podrán disponer residuos mineros en minas subterráneas utilizando el proceso de relleno hidráulico o cualquier otro proceso, conforme a lo establecido en las normas oficiales mexicanas que para tal efecto expida la Secretaría.*<br>*(…)* | El manejo y disposición final de los residuos mineros se realiza de conformidad con las especificaciones de la Norma Oficial Mexicana NOM-157-SEMARNAT-2009 y las mejores prácticas de la industria minera. |

## III.1.6. Ley de Aguas Nacionales

La Ley de Aguas Nacionales es reglamentaria del artículo 27 Constitucional en materia de aguas nacionales y tiene por objeto regular la explotación, uso o aprovechamiento del agua, su distribución y control, así como la preservación de su cantidad y calidad para lograr un desarrollo integral sustentable.

La vinculación del proyecto con esta ley se expone en la Tabla III.10.

*Tabla III.10 Vinculación del proyecto con la Ley de Aguas Nacionales y su reglamento*

<table>
<tr><th>Artículo</th><th>Disposición</th><th>Vinculación</th></tr>
<tr><td colspan="3">TÍTULO CUARTO<br>Derechos de Explotación, Uso o Aprovechamiento de Aguas Nacionales<br>Capítulo II – Concesiones y Asignaciones</td></tr>
<tr><td>20</td><td>(…)<br>La explotación, uso o aprovechamiento de aguas nacionales por parte de personas físicas o morales se realizará mediante concesión otorgada por el Ejecutivo Federal a través de "la Comisión" (…)<br>(…)</td><td rowspan="3">Compañía Minera Autlán cuenta con los Títulos de Concesión otorgados por CONAGUA, para el aprovechamiento de aguas nacionales superficiales, y los permisos de descarga de aguas residuales.<br><br><table><tr><th rowspan="2">Título de Concesión</th><th colspan="2">Volumen Autorizado (m3/año)</th></tr><tr><th>Aprovechamiento</th><th>Descarga</th></tr><tr><td>09HGO101151/26ISDL16 (Unidad Molango)</td><td>374,017.00</td><td>0.00</td></tr><tr><td>09HGO155000/26IDDL16 (Unidad Naopa)</td><td>43.000.00</td><td>3,717.00</td></tr><tr><td>09HGO106226/26IDDL08 (Unidad Nonoalco)</td><td>189,216.00</td><td>0.00</td></tr><tr><td>HGO100637/26EDGE94 (Unidad Molango)</td><td>0.00</td><td>137,568.5</td></tr><tr><td>HGO105712 (Unidad Molango)</td><td>0.00</td><td>6,000.00</td></tr><tr><td>09HGO106171/26FDDL16 (Unidad Nonoalco)</td><td>0.00</td><td>1,560.00</td></tr><tr><td>Totales</td><td>563,276.00</td><td>148,845.50</td></tr></table><br>En la expedición de las concesiones de aprovechamiento la autoridad competente tuvo en consideración los criterios para el aprovechamiento sustentable del agua que postula la ley, así como los resultados del estudio de disponibilidad media anual de las aguas superficiales de las cuencas hidrológicas que forman parte de la región hidrológica 26 Pánuco, publicada en el Diario Oficial de la Federación el 18 de julio de 2011, que indica una disponibilidad de 289.50 millones de metros cúbicos, por lo que se determinó que el aprovechamiento concesionado se encuentra fuera de zona de veda para el otorgamiento de nuevas solicitudes.<br>De acuerdo con los Título de Concesión indicados en la tabla anterior, Compañía Minera Autlán tiene derecho al aprovechamiento de 563,276.00 $m^3$/año.<br>Para el aprovechamiento del volumen concesionado los títulos respectivos establecen las características de las obras de toma y, en algunos casos, la superficie de ocupación del terreno federal por la obra de s del agua.<br>El aprovechamiento y descarga se realiza con apego a lo dispuesto en los títulos indicados.</td></tr>
<tr><td>25</td><td>Una vez otorgado el título de concesión o asignación, el concesionario o asignatario tendrá el derecho de explotar, usar o aprovechar las aguas nacionales durante el término de la concesión o asignación, conforme a lo dispuesto en esta Ley y sus reglamentos.<br>(…)<br>El derecho del concesionario o asignatario sólo podrá ser afectado por causas establecidas en la presente Ley y demás ordenamientos aplicables, debidamente fundadas y motivadas.<br>(…)</td></tr>
<tr><td>28</td><td>Los concesionarios tendrán los siguientes derechos:<br>I. Explotar, usar o aprovechar las aguas nacionales y los bienes a que se refiere el Artículo 113 de la<br>presente Ley, en los términos de la presente Ley y del título respectivo;<br>(…)<br>IV. Cuando proceda en función de la reglamentación vigente, transmitir los derechos de los títulos que tengan, ajustándose a lo dispuesto por esta Ley;</td></tr>
<tr><td>29</td><td>Los concesionarios tendrán las siguientes obligaciones, en adición a las demás asentadas en el presente Título:</td><td>Compañía Minera Autlán ha cumplido con todas las obligaciones indicadas en este artículo de la Ley.</td></tr>
</table>

| Artículo | Disposición | Vinculación |
|---|---|---|
| | *I. Ejecutar las obras y trabajos de explotación, uso o aprovechamiento de aguas en los términos y condiciones que establece esta Ley y sus reglamentos, y comprobar su ejecución para prevenir efectos negativos a terceros o al desarrollo hídrico de las fuentes de abastecimiento o de la cuenca hidrológica; así como comprobar su ejecución dentro de los treinta días siguientes a la fecha de la conclusión del plazo otorgado para su realización a través de la presentación del aviso correspondiente;*<br>*II. Instalar dentro de los cuarenta y cinco días siguientes a la recepción del título respectivo por parte del interesado, los medidores de agua respectivos o los demás dispositivos o procedimientos de medición directa o indirecta que señalen las disposiciones legales y reglamentarias aplicables, así como las Normas Oficiales Mexicanas;*<br>*III. Conservar y mantener en buen estado de operación los medidores u otros dispositivos de medición del volumen de agua explotada, usada o aprovechada;*<br>*IV. Pagar puntualmente conforme a los regímenes que al efecto establezca la Ley correspondiente, los derechos fiscales que se deriven de las extracciones, consumo y descargas volumétricas que realice en relación con la explotación, uso o aprovechamiento de las aguas nacionales que le hayan sido concesionadas o asignadas; (…);*<br>*V. Cubrir los pagos que les correspondan de acuerdo con lo establecido en la Ley Fiscal vigente y en las demás disposiciones aplicables;*<br>*VI. Sujetarse a las disposiciones generales y normas en materia de seguridad hidráulica y de equilibrio ecológico y protección al ambiente;*<br>*VII. Operar, mantener y conservar las obras que sean necesarias para la estabilidad y seguridad de presas, control de avenidas y otras que de acuerdo con las normas se requieran para seguridad hidráulica;*<br>*VIII. Permitir al personal de "la Autoridad del Agua" o, en su caso, de "la Procuraduría", según competa y conforme a esta Ley y sus reglamentos, la inspección de las obras hidráulicas para explotar, usar o aprovechar las aguas nacionales, incluyendo (…) los bienes nacionales a su cargo; (…) y permitir la lectura y verificación del funcionamiento y precisión de los medidores, y las demás actividades que se requieran para comprobar el cumplimiento de lo dispuesto en esta Ley y sus disposiciones reglamentarias, normas y títulos de concesión, (…) o permiso de descarga;*<br>*IX. Proporcionar la información y documentación que les solicite "la Autoridad del Agua" o, en su caso "la Procuraduría", con estricto apego a los* | |

| Artículo | Disposición | Vinculación |
|---|---|---|
| | *plazos que le sean fijados conforme al marco jurídico vigente, para verificar el cumplimiento de las disposiciones de esta Ley, del reglamento regional correspondiente, y las asentadas en los títulos de concesión, (…) o permiso de descarga a que se refiere la presente Ley;*<br>*X. Cumplir con los requisitos de uso eficiente del agua y realizar su reuso en los términos de las Normas Oficiales Mexicanas o de las condiciones particulares que al efecto se emitan;*<br>*XI. No explotar, usar, aprovechar o descargar volúmenes mayores a los autorizados en los títulos de concesión;*<br>*XII. (…);*<br>*XIII. Dar aviso inmediato por escrito a "la Autoridad del Agua" en caso de que los dispositivos de medición dejen de funcionar, debiendo el concesionario o asignatario reparar o en su caso reemplazar dichos dispositivos dentro del plazo de 30 días naturales;*<br>*XIV. Realizar las medidas necesarias para prevenir la contaminación de las aguas concesionadas o asignadas y reintegrarlas en condiciones adecuadas conforme al título de descarga que ampare dichos vertidos, a fin de permitir su explotación, uso o aprovechamiento posterior en otras actividades o usos y mantener el equilibrio de los ecosistemas; el incumplimiento de esta disposición implicará: (…l;*<br>*XV. Mantener limpios y expeditos los cauces, en la porción que corresponda a su aprovechamiento, conforme al título de concesión (…) respectivo;*<br>*XVI. Presentar cada dos años un informe que contenga los análisis cronológicos e indicadores de la calidad del agua que descarga realizados en laboratorio certificado por el Instituto Mexicano de Tecnología del Agua, y*<br>*XVII. Cumplir con las demás obligaciones establecidas en esta Ley y sus reglamentos, y demás normas aplicables y con las condiciones establecidas en los títulos de concesión o asignación.* | |
| **TÍTULO SEXTO – Usos del Agua**<br>**Capítulo III Bis – Uso Industrial en la Minería** | | |
| **81 BIS 1** | *Los concesionarios de aguas nacionales para uso industrial en la minería, además de las establecidas en el artículo 29 de la presente Ley, tienen la obligación de medir el volumen de agua explotada, usada o aprovechada que se extraiga de las cuencas y acuíferos, así como las aguas provenientes de laboreo de las minas para uso industrial o de servicios, conforme a lo dispuesto en la presente Ley.* | Conforme a la disposición de la ley y lo dispuesto en el Título de Concesión otorgado, Compañía Minera Autlán cuenta con un dispositivo medidores del volumen de agua que se aprovecha. |

<table>
<tr><th>Artículo</th><th>Disposición</th><th>Vinculación</th></tr>
<tr><td colspan="3">TÍTULO SÉPTIMO<br>Prevención y Control de la Contaminación de las Aguas y Responsabilidad por Daño Ambiental<br>Capítulo I – Prevención y Control de la Contaminación del Agua</td></tr>
<tr><td>88</td><td>Las personas físicas o morales requieren permiso de descarga expedido por "la Autoridad del Agua" para verter en forma permanente o intermitente aguas residuales en cuerpos receptores que sean aguas nacionales o demás bienes nacionales, incluyendo aguas marinas, así como cuando se infiltren en terrenos que sean bienes nacionales o en otros terrenos cuando puedan contaminar el subsuelo o los acuíferos.<br>(…)</td><td rowspan="3">Compañía Minera Autlán cuenta con los permisos de descarga contenidos en los Títulos de Concesión otorgados por CONAGUA.<br>Cada permiso establece las condiciones particulares de descarga que debe cumplir la empresa.<br><br><table><tr><th rowspan="2">Título de Concesión</th><th colspan="2">Volumen Autorizado (m3/año)</th></tr><tr><th>Aprovechamiento</th><th>Descarga</th></tr><tr><td>09HGO101151/26ISDL16 (Unidad Molango)</td><td>374,017.00</td><td>0.00</td></tr><tr><td>09HGO155000/26IDDL16 (Unidad Naopa)</td><td>43.000.00</td><td>3,717.00</td></tr><tr><td>09HGO106226/26IDDL08 (Unidad Nonoalco)</td><td>189,216.00</td><td>0.00</td></tr><tr><td>HGO100637/26EDGE94 (Unidad Molango)</td><td>0.00</td><td>137,568.50</td></tr><tr><td>HGO105712 (Unidad Molango)</td><td>0.00</td><td>6,000.00</td></tr><tr><td>09HGO106171/26FDDL16 (Unidad Nonoalco)</td><td>0.00</td><td>1,560.00</td></tr><tr><td>Totales</td><td>563,276.00</td><td>148,845.50</td></tr></table><br>De acuerdo con los permisos indicados, en la unidad Naopa se tiene autorizada una descarga de tipo industrial por un volumen de 10.50 m$^3$/día y 3,717.00 m$^3$/año. La descarga se realiza por tubería hacia el suelo, para el riego de caminos de terracería del área de explotación.<br>En la unidad Molango se cuenta con dos permisos de descarga de aguas sanitarias por 137,568.50 m$^3$/año y 6,000.00 m$^3$/año. El volumen indicado en ambos permisos se cumple con las descargas de agua tratada que se obtiene en dos de las tres plantas de tratamientos con que cuenta esta unidad, ya que el agua tratada de la tercera planta de tratamiento se reutiliza totalmente en el enfriamiento de los equipos de la planta de nodulización.<br>Para la unidad Nonoalco se tiene un permiso de descarga de aguas sanitarias por 1,560.00 m$^3$/año. No obstante, en esta unidad el agua tratada es reutilizada totalmente en sus procesos, de modo que no tiene descargas.<br>En total, se cuenta con permiso para la descarga de un total de 149,845.50 m$^3$/año.<br>Los permisos obligan a la empresa a realizar el monitoreo de las descargas de aguas residuales, así como la presentación de reportes anuales a la CONAGUA. La empresa realiza dicho monitoreo y los resultados se analizan con base en las condiciones particulares de descarga establecidas en el permiso y en la NOM-001-SEMARNAT-1996. Los reportes respectivos se presentan anualmente a CONAGUA.<br>Los resultados del último muestreo y análisis realizado al agua tratada indican que todos los parámetros medidos se encuentran dentro de los valores máximos permisibles que le han sido establecidos a la empresa.</td></tr>
<tr><td>88 BIS</td><td>Las personas físicas o morales que efectúen descargas de aguas residuales a los cuerpos receptores a que se refiere la presente Ley, deberán:<br>I. Contar con el permiso de descarga de aguas residuales mencionado en el Artículo anterior;<br>II. Tratar las aguas residuales previamente su vertido a los cuerpos receptores, cuando sea necesario cumplir con lo dispuesto en l permiso de descarga correspondiente y en las Normas Oficiales Mexicanas.<br>(…)<br>X. Cumplir con las Normas Oficiales Mexicanas y en su caso con las condiciones particulares de descarga que se hubieren fijado, para la prevención y control de la contaminación extendida o dispersa que resulte del manejo y aplicación de substancias que puedan contaminar la calidad de las aguas nacionales y los cuerpos receptores;<br>(…)<br>XII. Presentar de conformidad con su permiso de descarga, los reportes del volumen de agua residual descargada, así como el monitoreo de la calidad de sus descargas, basados en determinaciones realizadas por laboratorio acreditado conforme a la Ley Federal sobre Metrología y Normalización y aprobado por "la Autoridad del Agua";<br>(…)</td></tr>
<tr><td>90</td><td>"La Autoridad del Agua" expedirá el permiso de descarga de aguas residuales en los términos de los reglamentos de esta Ley, en el cual se deberá precisar por lo menos la ubicación y descripción de la descarga en cantidad y calidad, el régimen al que se sujetará para prevenir y controlar la contaminación del agua y la duración del permiso.</td></tr>
</table>

| Artículo | Disposición | Vinculación |
|---|---|---|
| | *Cuando las descargas de aguas residuales se originen por el uso o aprovechamiento de aguas nacionales, los permisos de descarga tendrán, por lo menos, la misma duración que el título de concesión o asignación correspondiente y se sujetarán a las mismas reglas sobre la prórroga o terminación de aquéllas.*<br>*Los permisos de descarga se podrán transmitir en los términos del Capítulo V del Título Cuarto de la presente Ley, siempre y cuando se mantengan las características del permiso.* | |
| **TÍTULO NOVENO**<br>**Bienes Nacionales a Cargo de "la Comisión"**<br>**Capítulo Único** | | |
| **118** | *Los bienes nacionales a que se refiere el presente Titulo, podrán explotarse, usarse o aprovecharse por personas físicas o morales mediante concesión que otorgue "la Autoridad del Agua" para tal efecto. (…)*<br>*(…)* | El Título de Concesión 09HGO101151/26ISDL16 otorgado por la CONAGUA (unidad Molango), incluye la concesión para la ocupación de 16,590 $m^2$ de terrenos federales que son necesarios para albergar la obra de captación, consistente en una cortina, vaso de almacenamiento y la superficie ocupada por tubería de conducción desde la obras hasta el cárcamo de bombeo..<br>El Título de Concesión 09HGO155000/26IDDL16 otorgado por la CONAGUA (unidad Naopa), incluye la concesión para la ocupación de 25 $m^2$ de terrenos federales que son necesarios para albergar la obra de captación. |
| **Reglamento de la Ley de Aguas Nacionales** | | |
| **86** | *(…)*<br>*Las personas que infiltren o descarguen aguas residuales en los terrenos o cuerpos receptores distintos de los alcantarillados de las poblaciones, deberán obtener el permiso de descarga respectivo, en los términos de la "Ley" y el presente "Reglamento", independientemente del origen de las fuentes de abastecimiento, salvo lo previsto en el último párrafo del artículo 135 de este "Reglamento".* | Compañía Minera Autlán cuenta con cinco Permisos de Descarga de Aguas Residuales expedidos por la CONAGUA, enlistados en la tabla presentada anteriormente. |
| **124** | *(…)*<br>*Se entiende por aguas provenientes del laboreo de las minas, aquéllas del subsuelo que necesariamente deban extraerse para permitir la realización de obras y trabajos de exploración y explotación.*<br>*Los titulares de concesiones mineras o sus causahabientes, que aprovechen las aguas a que se refiere el párrafo anterior, estarán obligados a:*<br>*I. Obtener el permiso de descarga de aguas residuales en cuerpos receptores que sean bienes nacionales;*<br>*II. Cumplir con las normas oficiales mexicanas para presas de jales, y*<br>*III. Poner a disposición de "La Comisión" el agua sobrante o disponible después del uso o aprovechamiento que se realice, con base en los derechos que confieren tales concesiones.* | El agua de laboreo que se genera en el tajo es aprovechada para el riego de caminos en la unidad Naopa. |

## III.1.7. Ley General de Cambio Climático

La Ley General de Cambio Climático, promulgada en junio de 2012, es reglamentaria de las disposiciones de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos en materia de protección al ambiente, desarrollo sustentable, preservación y restauración del equilibrio ecológico.

Tiene como objetivo garantizar el derecho a un medio ambiente sano, establecer las bases para la mitigación y adaptación al cambio climático en el país, regular las emisiones de gases y compuestos de efecto invernadero; reducir la vulnerabilidad de la población y los ecosistemas del país frente a los efectos adversos del cambio climático; fomentar la educación, investigación, desarrollo y transferencia de tecnología e innovación; promover la transición hacia una economía competitiva, sustentable, de bajas emisiones de carbono y resiliente a los fenómenos hidrometeorológicos extremos asociados al cambio climático, y establecer las bases para que México contribuya al cumplimiento del Acuerdo de París.

La vinculación del proyecto con esta ley está referida al registro de emisiones de gases de efecto invernadero (Tabla III.11).

*Tabla III.11 Vinculación del proyecto con La Ley General de Cambio Climático y su reglamento*

| Artículo | Disposición | Vinculación |
|---|---|---|
| **88** | *Las personas físicas y morales responsables de las fuentes sujetas a reporte están obligadas a proporcionar la información, datos y documentos necesarios sobre sus emisiones directas e indirectas para la integración del Registro.* | De conformidad con los sectores y subsectores que indica el reglamento de la ley como Establecimientos Sujetos a Reporte, el proyecto debe reportar sus emisiones de gases de efecto invernadero. |
| **Reglamento de la Ley General de Cambio Climático en materia del Registro Nacional de Emisiones** | | |
| **3** | *Para los efectos del artículo 87, segundo párrafo de la Ley se identifica como sectores y subsectores en los que se agrupan los Establecimientos Sujetos a Reporte, los siguientes:*<br>*(…)*<br>*III. Sector Industrial:*<br>*(…)*<br>*c) Subsector industria metalúrgica;*<br>*(…)*<br>*e) Subsector industria minera:*<br>*(…)* | El proyecto se encuadra en el Sector Industrial (III), Subsector Industria minera (e).<br>Particularmente, de acuerdo con la clasificación del artículo 4 del Reglamento, el proyecto puede enmarcarse en las siguientes categorías: Sector industrial (III), Subsector industria química (III.a), Fabricación de productos químicos básicos (III.a.1); y Sector industrial (III), Subsector industria minera (III.e), Minería de minerales metálicos (III.e.1).<br>En cualquiera de los casos, las tres unidades mineras se consideran como Establecimientos Sujetos a Reporte. |
| **4** | *Las actividades que se considerarán como Establecimientos Sujetos a Reporte agrupadas dentro de los sectores y subsectores señalados en el artículo anterior, son las siguientes:*<br>*(…)*<br>*III. Sector Industrial:*<br>*a) Subsector industria química:*<br>*a.1. Fabricación de productos químicos básicos:*<br>*(…)*<br>*e. Subsector industria minera:*<br>*e.1) Minería de minerales metálicos:*<br>*(…)*<br>*Las actividades previstas en las fracciones I y III del presente artículo calcularán y reportarán sus Emisiones Directas o Indirectas por instalación.* | |
| **5** | *Para los efectos del artículo 87, segundo párrafo, fracción I de la Ley, los Gases o Compuestos de Efecto Invernadero sujetos a reporte en los términos del presente Reglamento, son:* | Como Establecimientos Sujetos a Reporte, las unidades Molango y Nonoalco deben reportar sus emisiones de |

| Artículo | Disposición | Vinculación |
|---|---|---|
| | *I. Bióxido de carbono;*<br>*II. Metano;*<br>*III. Óxido nitroso;*<br>*IV. Carbono negro u hollín;*<br>*V. Clorofluorocarbonos;*<br>*VI. Hidroclorofluorocarbonos;*<br>*VII. Hidrofluorocarbonos;*<br>*VIII. Perfluorocarbonos;*<br>*IX. Hexafluoruro de azufre;*<br>*X. Trifluoruro de nitrógeno;*<br>*XI. Éteres halogenados;*<br>*XII. Halocarbonos;*<br>*XIII. Mezclas de los anteriores, y*<br>*XIV. Los Gases y Compuestos de Efecto Invernadero que el Panel Intergubernamental determine como tales y que la Secretaría dé a conocer como sujetos a reporte mediante Acuerdo que publique en el Diario Oficial de la Federación.* | Gases o Compuestos de Efecto Invernadero sujetos a reporte por la utilización de combustibles fósiles.<br>Compañía Minera Autlán estima anualmente las emisiones directas e indirectas de Bióxido de Carbono Equivalente de la unidad Molango. Aun cuando el valor de las emisiones ha sido menor a las 25,000 $tCO_2eq$ (5,862.04 $tCO_2eq$ en 2023) éstas son reportadas en la Cédula de Operación Anual. |
| **6** | *Para los efectos del artículo 87, segundo párrafo, fracción II de la Ley, el umbral a partir del cual los Establecimientos Sujetos a Reporte, identificados conforme a los artículos 3 y 4 del presente Reglamento, deben presentar la información de sus Emisiones Directas o Indirectas, será el que resulte de la suma anual de dichas Emisiones, siempre que tal resultado sea igual o superior a 25,000 Toneladas de Bióxido de Carbono Equivalente.*<br>*(…)* | |
| **9** | *Los Establecimientos Sujetos a Reporte, tendrán las siguientes obligaciones:*<br>*I. Identificar las Emisiones Directas de Fuentes Fijas y Móviles, conforme a la clasificación de sectores, subsectores y actividades contenidas en los artículos 3 y 4 del presente Reglamento;*<br>*II. Identificar las Emisiones Indirectas asociadas al consumo de energía eléctrica y térmica;*<br>*III. Medir, calcular o estimar la Emisión de Gases o Compuestos de Efecto Invernadero de todas las Fuentes Emisoras identificadas en el Establecimiento aplicando las metodologías que se determinen conforme al artículo 7 del presente Reglamento;*<br>*IV. Recopilar y utilizar los datos que se especifican en la metodología de medición, cálculo o estimación que resulte aplicable, determinada conforme al artículo 7 del presente Reglamento;*<br>*V. Reportar anualmente sus Emisiones Directas e Indirectas, a través de la Cédula de Operación Anual, cuantificándolas en toneladas anuales del Gas o Compuesto de Efecto Invernadero de que se trate y su equivalente en Toneladas de Bióxido de Carbono Equivalentes anuales;*<br>*VI. Verificar obligatoriamente la información reportada, en los términos del presente Reglamento, a través de los Organismos previstos en el presente Reglamento, y*<br>*VII. Conservar, por un período de 5 años, contados a partir de la fecha en que la Secretaría haya recibido la Cédula de Operación Anual correspondiente, la información, datos y documentos sobre sus Emisiones Directas e Indirectas así como la utilizada para su medición, cálculo o estimación.* | |
| **12** | *La presentación del reporte de Gases o Compuestos de Efecto Invernadero ante el Registro se realizará a través de la Cédula de Operación Anual y se sujetará al siguiente procedimiento:*<br>*(…)* | |

## III.1.8. Ley Federal de Responsabilidad Ambiental

La Ley Federal de Responsabilidad Ambiental, promulgada el 7 de junio de 2013, es reglamentaria del artículo 4º Constitucional y tiene como objetivo regular la responsabilidad que surge de los daños causados al medio ambiente. Esta legislación establece un marco para la reparación y compensación de dichos daños, y se aplica a través de diversos mecanismos, incluyendo procesos judiciales, procedimientos administrativos y métodos alternativos de resolución de conflictos.

La vinculación jurídica del proyecto con esta ley se establece a través de diversas disposiciones que regulan la responsabilidad por daños ambientales, el procedimiento de evaluación de impacto ambiental y los mecanismos de mitigación de éstos (Tabla III.12).

*Tabla III.12 Vinculación del proyecto con la Ley Federal de Responsabilidad Ambiental*

| Artículo | Disposición | Vinculación |
|---|---|---|
| **2º** | Para los efectos de esta Ley se estará a las siguientes definiciones, así como aquellas previstas en la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente, las Leyes ambientales y los tratados internacionales de los que México sea Parte. Se entiende por:<br>(…)<br>III. Daño al ambiente: Pérdida, cambio, deterioro, menoscabo, afectación o modificación adversos y mensurables de los hábitat, de los ecosistemas, de los elementos y recursos naturales, de sus condiciones químicas, físicas o biológicas, de las relaciones de interacción que se dan entre éstos, así como de los servicios ambientales que proporcionan. Para esta definición se estará a lo dispuesto por el artículo 6o. de esta Ley;<br>(…) | En los términos de la ley, la imputación de responsabilidad ambiental sólo es plausible ante la existencia de daño ambiental, pero no se considera que éste existe cuando:<br>Sean expresamente manifestados por el responsable y explícitamente identificados, delimitados en su alcance, evaluados, mitigados y compensados mediante condicionantes, y autorizados por la Secretaría (a través de la evaluación del impacto ambiental o su informe preventivo, la autorización de cambio de uso de suelo forestal o algún otro tipo de autorización análoga expedida por la Secretaría).<br>No rebasen los límites previstos por las disposiciones que en su caso prevean las Leyes ambientales o las normas oficiales mexicanas.<br>Las unidades mineras Molango y Nonoalco iniciaron operaciones en 1960 y 1964, respectivamente, de manera que, por la época, no requirieron de autorización alguna en materia ambiental.<br>La Unidad Minera Naopa se ha desarrollado en estricto apego a las disposiciones de la normatividad ambiental:<br>▪ En 1997 se sometió al procedimiento de evaluación de impacto ambiental y obtuvo la autorización correspondiente. Posteriores modificaciones del proyecto original fueron autorizadas por la SEMARNAT en los años 2013, 2015 y 2018.<br>▪ Las condicionantes y medidas ambientales establecidas en las autorizaciones en materia de impacto ambiental han sido cumplidas por Compañía Minera Autlán, como se expone en el Capítulo II de esta MIA-R.<br>▪ Se cuenta con las autorizaciones de cambio de uso de suelo en terrenos forestales, que han sido necesarias para realizar las actividades de explotación en la UM Naopa; y observa las condiciones, programas y acciones establecidas en ella.<br>▪ La empresa cumple con las normas oficiales mexicanas y límites que regulan sus actividades.<br>▪ Se cuenta con un Plan General de Restitución del Sitio, equivalente al Programa de Cierre y Restauración Ambiental. |
| **6º** | No se considerará que existe daño al ambiente cuando los menoscabos, pérdidas, afectaciones, modificaciones o deterioros no sean adversos en virtud de:<br>I. Haber sido expresamente manifestados por el responsable y explícitamente identificados, delimitados en su alcance, evaluados, mitigados y compensados mediante condicionantes, y autorizados por la Secretaría, previamente a la realización de la conducta que los origina, mediante la evaluación del impacto ambiental o su informe preventivo, la autorización de cambio de uso de suelo forestal o algún otro tipo de autorización análoga expedida por la Secretaría; o de que,<br>II. No rebasen los límites previstos por las disposiciones que en su caso prevean las Leyes ambientales o las normas oficiales mexicanas.<br>La excepción prevista por la fracción I del presente artículo no operará, cuando se incumplan los términos o condiciones de la autorización expedida por la autoridad. | |
| **10** | Toda persona física o moral que con su acción u omisión ocasione directa o indirectamente un daño al ambiente, será responsable y estará obligada a la reparación de los daños, o bien, cuando la reparación no sea posible a la compensación ambiental que proceda, en los términos de la presente Ley.<br>De la misma forma estará obligada a realizar las acciones necesarias para evitar que se incremente el daño ocasionado al ambiente. | |

| Artículo | Disposición | Vinculación |
|---|---|---|
| 11 | La responsabilidad por daños ocasionados al ambiente será subjetiva, y nacerá de actos u omisiones ilícitos con las excepciones y supuestos previstos en este Título.<br>En adición al cumplimiento de las obligaciones previstas en el artículo anterior, cuando el daño sea ocasionado por un acto u omisión ilícitos dolosos, la persona responsable estará obligada a pagar una sanción económica.<br>Para los efectos de esta Ley, se entenderá que obra ilícitamente el que realiza una conducta activa u omisiva en contravención a las disposiciones legales, reglamentarias, a las normas oficiales mexicanas, o a las autorizaciones, licencias, permisos o concesiones expedidas por la Secretaría u otras autoridades. | ▪ Progresivamente, conforme se realiza la explotación del yacimiento, se avanza en las labores de restitución de las áreas afectadas.<br>▪ Compañía Minera Autlán hace un manejo responsable y adecuado de los residuos peligrosos.<br>Con base en lo anterior, en la medida en que la empresa continúe dando cabal cumplimiento a sus obligaciones ambientales, derivadas de la LGEEPA, las demás leyes ambientales y las normas oficiales mexicanas de protección ambiental, se evitará la ocurrencia de cualquier daño ambiental. |
| 12 | Será objetiva la responsabilidad ambiental, cuando los daños ocasionados al ambiente devengan directa o indirectamente de:<br>I. Cualquier acción u omisión relacionada con materiales o residuos peligrosos;<br>(…)<br>III. La realización de las actividades consideradas como Altamente Riesgosas, y<br>(…) | |

## III.1.9. Ley Federal de Protección del Patrimonio Cultural de los Pueblos y Comunidades Indígenas y Afromexicanas

La Ley Federal de Protección del Patrimonio Cultural de los Pueblos y Comunidades Indígenas y Afromexicanas, promulgada en enero de 2022, es reglamentaria de diversos artículos de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos y los instrumentos internacionales en la materia, y tiene por objeto reconocer y garantizar la protección, salvaguardia y el desarrollo del patrimonio cultural y la propiedad intelectual colectiva de los pueblos y comunidades indígenas y afromexicanas.

El Artículo 8 de la ley establece que el patrimonio cultural de los pueblos y comunidades indígenas y afromexicanas se entenderá reservado por el pueblo o comunidad que corresponda y estará prohibida su utilización y aprovechamiento, salvo que éstos otorguen su consentimiento libre, previo e informado, de conformidad con la Ley General de Consulta de los Pueblos y Comunidades Indígenas y Afromexicanas.

De acuerdo con el *Catálogo Nacional de Pueblos y Comunidades Indígenas y Afroamericanas* del Instituto Nacional de los Pueblos Indígenas, en el área del proyecto, dentro del SAR, existen 20 comunidades indígenas nahuas registradas.

En el municipio de Tepehuacán de Guerrero, ocho comunidades nahuas se encuentran dentro del SAR: Acoxcatlán, Acuimantla, Aquilastec, Coyutla, El Zacatal de los Rosales, Olcuatla, Teyahuala y Xilitla.

En el municipio de Lolotla existen cinco comunidades nahuas dentro del SAR: Barrio Hueyotipa, Chiconcoac, Comontla, Huitznopala e Itzacuatla.

En el municipio de Tlanchinol, siete comunidades nahuas se encuentran dentro del SAR: Chachala, Chipoco, Cuatahuatla, Huitepec, Ixtlapala, Tenango y Tenexco.

En los municipios de Molango de Escamilla y Metztitlán no existen comunidades indígenas registradas, que se encuentren dentro del SAR del proyecto, y en los de Xochicoatlán y Zacualtipán de Ángeles, no hay comunidades indígenas registradas.

En caso de que la autoridad determine necesario realizar una consulta libre, previa e informada en dichas comunidades, Compañía Minera Autlán coadyuvará en lo que le sea requerido. No obstante, es preciso considerar que las operaciones de la empresa en la región son previas a la fecha en que fue promulgada esta ley.

### III.1.10. Ley Federal de Amas de Fuego y Explosivos

La Ley Federal de Armas de Fuego y Explosivos regula y controla la posesión de armas de fuego y el uso de explosivos por conducto de las Secretarías de Gobernación y de la Defensa Nacional, correspondiendo a esta última los aspectos relacionados con el control y vigilancia de las actividades y operaciones industriales que se realicen con explosivos, artificios y sustancias químicas.

La vinculación del proyecto con esta ley se relaciona con el almacenamiento y uso de explosivos para el minado (Tabla III.13).

*Tabla III.13 Vinculación del proyecto con La Ley Federal de Armas de Fuego y su reglamento*

| Artículo | Disposición | Vinculación |
|---|---|---|
| **37** | *(…)*<br>*El control y vigilancia de las actividades y operaciones industriales y comerciales que se realicen con armas, municiones, explosivos, artificios y substancias químicas, será hecho por la Secretaría de la Defensa Nacional.*<br>*Los permisos específicos que se requieran en estas actividades serán otorgados por la Secretaría de la Defensa Nacional con conocimiento de la Secretaría de Gobernación y sin perjuicio de las atribuciones que competan a otras autoridades.* | En la Unidad Minera Naopa el minado se realiza mediante voladuras diseñadas y controladas, en las que se utiliza alto explosivo, agente explosivo (ANFO), conductores e incitadores, cuya adquisición, almacenamiento y uso está regulado por la ley y su reglamento.<br>Compañía Minera Autlán cuenta con los Permisos Generales de explosivos otorgados por la Secretaría de la Defensa Nacional para la compra, almacenamiento y consumo; mismos que deben renovarse anualmente. En el **Anexo III.3** se presentan las últimas renovaciones de los Permisos Generales Número 4917-Hgo y 61-Hgo. |
| **40** | *Las actividades industriales y comerciales relacionadas con armas, municiones, explosivos y demás objetos que regula esta Ley, se sujetarán a las disposiciones que dicte la Secretaría de la Defensa Nacional. (…)* | |
| **41** | *Las disposiciones de este título son aplicables a todas las actividades relacionadas con las armas, objetos y materiales que a continuación se mencionan:*<br>*(…)*<br>*III. PÓLVORAS Y EXPLOSIVOS:*<br>*(…)*<br>*q) En general, toda substancia, mezcla o compuesto con propiedades explosivas.*<br>*IV. ARTIFICIOS:*<br>*a).- Iniciadores;*<br>*b).- Detonadores;*<br>*c).- Mechas de seguridad;*<br>*d).- Cordones detonantes;*<br>*(…)*<br>*V.- SUSTANCIAS QUÍMICAS RELACIONADAS CON EXPLOSIVOS:*<br>*(…)* | |

| | | |
|---|---|---|
| | *f).- Todas aquellas que por sí solas o combinadas sean susceptibles de emplearse como explosivos.* | |
| **42** | *Los permisos específicos a que se refiere el artículo 37 de esta Ley, pueden ser:*<br>*I.- Generales, que se concederán a negociaciones o personas que se dediquen a estas actividades de manera permanente;*<br>*(…)* | |
| **Reglamento de la Ley Federal de Armas de Fuego y Explosivos** | | |
| **56** | *Los establecimientos que operen con permiso general, pueden comprar y vender entre sí, pólvoras, explosivos, artificios y substancias químicas relacionadas con explosivos, siempre que el vendedor obtenga previamente el permiso ordinario para cada caso y operación.* | Compañía Minera Autlán cuenta con los Permisos Generales de explosivos otorgados por la Secretaría de la Defensa Nacional para la compra, almacenamiento y consumo de material explosivo.<br>Los polvorines de almacenamiento autorizados, cumplen las disposiciones técnicas establecidas en los permisos otorgados. |
| **59** | *Para que el interesado obtenga el permiso de compra referido en el precepto anterior, debe identificarse ante las autoridades militares correspondientes, y presentar una constancia de la autoridad administrativa local, sobre la necesidad que tiene el solicitante de emplear esos materiales, y que su uso no entraña peligro alguno para la población.* | |
| **72** | *Los permisos generales de compraventa de armas, objetos y materiales, expresarán las cantidades máximas de almacenamiento permitido en los lugares de los establecimientos comerciales abiertos al público.* | |

### III.1.11. Conclusiones del Apartado

1. **Compañía Minera Autlán** inició operaciones en las unidades mineras de Molango y Nonoalco en los años 1960 y 1964, respectivamente, utilizando mineral proveniente de la mina subterránea **Coyoles** (carbonatos de manganeso). Si bien en ese periodo no existía en México legislación ambiental, la Compañía ha operado bajo principios de autorregulación, aplicando los más altos estándares ambientales reconocidos por la industria.
2. El Proyecto **Distrito Minero Autlán** incluye tres proyectos autorizados en materia de impacto ambiental:
    - En la Unidad Naopa, se cuenta con autorizaciones correspondientes a los proyectos “Tajo Naopa” (autorizado en 1997, con modificaciones en 2013, 2015 y 2018) y “Modificación del Proyecto Tajo Naopa” (autorizado en 2012, con modificaciones en 2013 y 2015).
    - En la Unidad Molango, el área correspondiente al Tajo Acuatitla cuenta con autorización en materia de impacto ambiental desde 1997, con una modificación aprobada en el año 2020.
3. La mina subterránea Coyoles, en la unidad Molango; la unidad Nonoalco, y parte de la unidad Molango, no requirieron autorización en materia de impacto ambiental, dado que iniciaron operaciones con anterioridad a la promulgación de la LGEEPA.
4. El Proyecto **Distrito Minero Autlán** que se presenta en esta Manifestación de Impacto Ambiental, comprende:
    - Las obras y actividades previamente autorizadas en las unidades Naopa y Molango.
    - El desarrollo de nuevas obras y actividades:
        - La Tepetatera Guadalupe en el área Naopa y un relleno sanitario en la unidad Molango.
        - Actividades de exploración y evaluación minera.

- La incorporación al esquema regulatorio de las unidades Molango y Nonoalco, operativas desde los años sesenta.

5. De conformidad con la Ley Minera, Compañía Minera Autlán es titular de siete títulos de concesión minera de explotación, correspondientes a las áreas donde se desarrollan actividades de minería a cielo abierto y subterránea, así como de 157 títulos de concesión minera de exploración, localizados alrededor de las unidades Naopa, Molango y Nonoalco, en donde se pretende realizar las actividades de exploración.
6. Las obras y actividades de explotación minera en las unidades Naopa y Molango se desarrollan conforme a los derechos otorgados mediante concesiones mineras, cumpliendo con las obligaciones previstas en la Ley de Minería, entre las que destacan:
    - Ejecución de obras conforme a lo dispuesto por la ley y su reglamento, con la debida notificación a la autoridad.
    - Pago puntual de derechos, contribuciones, aprovechamientos y contraprestaciones aplicables.
    - Desarrollo de actividades conforme a la normativa vigente.
    - Localización de tepetateras fuera de zonas de valor ambiental o social (ANP, humedales, cauces, núcleos de población, etc.).
    - Elaboración y cumplimiento del Plan General de Restitución del Sitio para la unidad Naopa y el Plan de Cierre del Tajo Acuatitla para Molango.
    - Tratamiento y reúso de aguas residuales en ambas unidades para control de polvos y otros fines operativos.
7. En cumplimiento de las disposiciones de la LGEEPA en materia de flora y fauna silvestre, se han ejecutado medidas de prevención y mitigación ambiental en las unidades Naopa y Molango, incluso en áreas no sujetas a autorización ambiental, como medida de autorregulación. Las acciones han sido validadas por la autoridad.
8. Las disposiciones de la LGEEPA en materia de aprovechamiento sustentable del agua y de la Ley de Aguas Nacionales y su reglamento, se han cumplido, ya que Compañía Minera Autlán cuenta con las concesiones otorgadas por CONAGUA para el aprovechamiento de aguas nacionales superficiales y la descarga de aguas residuales.
9. Complementariamente, en las actividades que se realizan se han incorporado prácticas y medidas orientadas a la optimización y aprovechamiento sustentable del agua, y a la prevención de la contaminación del agua, como la operación de seis plantas de tratamiento:
    - En la unidad Naopa se realiza el tratamiento de aguas residuales mediante dos plantas. Una de ellas da tratamiento terciario al agua generada en los servicios sanitarios de oficinas, opera a través de un sistema anaerobio con digestor, clarificación, desinfección y digestor aerobio de lodos; el agua tratada es analizada conforme a la NOM-001-SEMARNAT-2021 antes de su reúso y descarga. La otra planta trata el agua del lavado de unidades pesadas, empleando un sistema físico de filtros que separa las grasas y permite el reuso del agua en el lavado de las unidades; los lodos con hidrocarburos de este proceso son manejados como residuos peligrosos y enviados a disposición final con empresas autorizadas.
    - En la unidad Nonoalco opera otra planta de tratamiento de aguas sanitarias con un sistema anaerobio en lagunas de oxidación. Los lodos generados en ella son enviados a patios y usados como sustrato para las actividades de reforestación. El agua tratada se reúsa íntegramente en los procesos de beneficio que realiza la unidad y no se generan descargas residuales de tipo industrial. El agua que se emplea en el proceso se recircula y se adiciona agua de reposición.

- En la unidad Molango operan tres planta de tratamiento que trata el agua sanitaria de la zona habitacional de la empresa, del servicio a empleados y de la zona Coyoles:
    - La planta de tratamiento de la zona habitacional opera con tratamiento primario anaerobio, tratamiento secundario por aeración extendida y cloración, y tratamiento terciario por medios filtrantes, El agua tratada se reutiliza en el enfriamiento de los equipos de proceso.
    - La planta de tratamiento del servicio a empleados opera con un sistema de tratamiento anaerobio a base de reactor biológico de lodos activados, sedimentador secundario, filtro profundo y sistema de cloración. El agua tratada es reutilizada parcialmente en el espreado de polvos y riego del talud de polvos; el resto es descargada conforme al permiso de descarga.
    - La planta de tratamiento de la zona Coyoles utiliza un sistema anaerobio a base de tanque digestor, tanques de aeración, tanque clarificador, tanque de desinfección y digestor aerobio de lodos. El agua tratada es descargada conforme al permiso de descarga.
- En los procesos de beneficio de las unidades Molango y Nonoalco sólo se utiliza agua, sin adición de sustancias químicas, y sin descargas industriales.

Durante 2023, las acciones implementadas permitieron incrementar en 18.5 % el volumen de agua reciclada respecto a 2022, reducir en 5 % el consumo y aumentar en 24 % el reúso de agua tratada respecto a 2021.

10. Respecto de las disposiciones de la LGEEPA relativas a la preservación y aprovechamiento sustentable del suelo y sus recursos, y en cumplimiento de la Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable, se han obtenido las autorizaciones en materia de cambio de uso de suelo de terrenos forestales, necesarias para la realizar las actividades de explotación en el Tajo Naopa (Oficio No. SRN/303.-970490 del 20 de marzo de 1997, Oficio No. SRN/103.-980267 del 12 de febrero de 1998, Oficio No. 133.02.03/708/2012 del 15 de noviembre de 2012, Oficio No. 133.02.02/351/2013/132739 del 28 de noviembre de 2013, Oficio No. 133.02.02/060/2015/150365 del 9 de febrero de 2015, Oficio No. 133.02.02.0323.2016/162270 del 3 de junio de 2016 y Oficio No. 133.02.03.1855.2016/163657 del 14 de septiembre de 2016).

    En dichas autorizaciones la autoridad ha acreditado que la biodiversidad del ecosistema en el que se ha incidido no se verá afectada, y que la erosión de los suelos, la capacidad de almacenamiento de carbono, el deterioro de la calidad del agua o la disminución en su captación son mitigables con las medidas establecidas, entre las que destaca la ejecución de un Programa de Rescate y Reubicación de Flora y Fauna.

    En su conjunto, las autorizaciones otorgadas amparan la remoción de vegetación en 69.9107 ha. En ellas se han establecido diversas medidas orientadas a la conservación del suelo y los recursos naturales, que son observadas y cumplidas por Compañía Minera Autlán. Entre estas medidas se encuentra la ejecución de los siguientes programas:

    - Programa de Reforestación
    - Programa de Conservación de Suelo y Agua.
    - Programa de revegetación temporal y mantenimiento de la estabilidad de taludes.
    - Programa de Difusión e Información.
    - Programa de Restauración.

    Adicionalmente, en la Unidad Minera Naopa se recupera y conserva el suelo removido de las áreas de intervención; éste es mejorado con la incorporación de residuos vegetales y es utilizado en los trabajos de restauración progresiva que se realizan. Igualmente, se aplican buenas prácticas ambientales para prevenir la contaminación del suelo en las distintas áreas de las tres unidades.

Al año 2023, Compañía Minera Autlán ha restaurado 5.9 ha de las áreas intervenidas con sus operaciones, se han reforestado y se mantienen en conservación 87.86 ha de la propiedad, con un 90 % de supervivencia de la plantación; se conservan, en convenio con la CONAFOR, 2,584.5 ha, con na inversión de $ 4,825,758 MN que ha beneficiado a nueve núcleos agrarios; mantiene y opera cutro viveros forestales con una producción anual de 100,000 ejemplares; y ha donado para reforestación 75,789 ejemplares.

11. En cuanto a las disposiciones particulares que la LGEEPA establece para la explotación de los recursos no renovables, desde sus inicios, el desarrollo y actividades de la Unidad Minera Naopa se ha ajustado al cumplimiento de las Normas Oficiales Mexicanas de protección ambiental que, por su vigencia, le han sido aplicables. En este rubro destaca la observancia que se ha dado al cumplimiento de la NOM-157-SEMARNAT-2009 (planes de manejo de residuos mineros).

12. En materia de prevención y control de la contaminación de la atmósfera, las disposiciones de la LGEEPA y de su reglamento han sido observadas. Para reducir las emisiones de polvo a la atmósfera, Compañía Minera Autlán ha instalado equipos de control de alta eficiencia en las áreas de procesos de las unidades mineras Molango y Nonoalco, en donde se realiza el beneficio de manganeso. En ambas unidades se cuenta con colectores de polvos. En las tres unidades se realiza el monitoreo regular y la medición de las emisiones de partículas PM2.5 y PM10.

    El monitoreo de partículas se ejecuta cada 90 días, de acuerdo con la Norma Oficial Mexicana NOM-025-SSA1-2021, contando para ello con puertos de muestreo en los sitios pertinentes. Se mantiene un registro de todas las emisiones y éstas, una vez medidas, se reportan a la autoridad a través de la Cédula de Operación Anual (COA). Igualmente, se lleva una bitácora de operaciones y mantenimiento de todos los equipos de proceso y de control.

    Los resultados del monitoreo efectuado en septiembre de 2023 indican que en los diferentes sitios analizados la concentración de partículas PM2.5 y PM10 se encuentra dentro de los valores establecidos por la NOM-025-SSA1-2021.

13. La Cédula de Operación Anual (COA) que se presenta cada año, integra la información relativa a emisiones contaminantes a la atmósfera; uso y descarga de agua, residuos peligrosos y manejo de la contaminación.

14. Las disposiciones de la LGEEPA relativas a la prevención y control de la contaminación, y el manejo de materiales y residuos peligrosos, así como las establecidas por la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos y su reglamento, han sido cumplidas, ya que Compañía Minera Autlán sujeta los residuos mineros y peligrosos que genera a los planes de manejo respectivos.

    Tal como lo permite la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos, los residuos de la explotación (material de descapote, estéril, no peligroso) permanecen en el sitio de su generación, dispuestos en tepetateras.

    Los residuos que se generan en la UM Molango corresponden a impurezas que resultan del proceso de nodulización del manganeso. Dichos residuos son enviados a la Planta de Tamos Ferroaleaciones, en el estado de Veracruz.

    En la UM Nonoalco se generan jales (lamas o material descartado del proceso), consistentes en roca gruesa o fina eliminada de los procesos de selección, que no ha sido sometida a tratamiento con ninguna sustancia química. Este material se encuentra en depósitos en el sitio, y serán re-procesados para recuperar sus contenidos de manganeso.

15. Las tepetateras de la UM Naopa, tal como lo validan las autorizaciones otorgadas, se sitúan fuera de áreas naturales protegidas, humedales, cauces, zonas federales de aguas nacionales y lugares en donde

eventualmente pudieran afectar núcleos de población, La nueva tepetatera, cuya autorización se solicita a través de esta MIA, tampoco afectará ese tipo de sitios

16. En cumplimiento de la Ley General de Cambio Climático y su reglamento en materia del Registro Nacional de Emisiones, Compañía Minera Autlán identifica y estima sus misiones directas e indirectas de GEI, las calcula y reporta anualmente a la Secretaría a través de la Cédula de Operación Anual.
17. Respecto de las disposiciones establecidas en la LGEEPA en materia de material y actividades altamente riesgosas, Compañía Minera Autlán cuenta con dictamen de la SEMARNAT que confirma que el funcionamiento del horno giratorio de la unidad Molango no se clasifica como una Actividad Altamente Riesgosa.

    Asimismo, los cuatro tanques de almacenamiento de diésel localizados en la unidad Nonoalco poseen una capacidad total instalada de 130,000 litros, cantidad que se encuentra por debajo del umbral establecido en el Segundo Listado de Actividades Altamente Riesgosas, publicado en el Diario Oficial de la Federación el 4 de mayo de 1992, por lo que dicha instalación tampoco se considera como una Actividad Altamente Riesgosa conforme a la normatividad federal.
18. De acuerdo con el Catálogo Nacional de Pueblos y Comunidades Indígenas y Afroamericanas, existen 20 comunidades indígenas nahuas dentro del área de influencia del proyecto. No obstante, las operaciones de Compañía Minera Autlán en la región son anteriores a la entrada en vigor de la Ley Federal de Protección del Patrimonio Cultural de los Pueblos y Comunidades Indígenas y Afromexicanas (enero de 2022).En cuanto al cumplimiento de la Ley Federal de Amas de Fuego y Explosivos, la empresa cuenta con los Permisos Generales de explosivos No. 4917-Hgo y 61-Hgo.

## III.2. Leyes Estatales

En el ámbito de la normatividad estatal, el proyecto se vincula con dos leyes: la Ley para la Protección al Ambiente del Estado de Hidalgo; y la Ley de Prevención y Gestión Integral de Residuos del Estado de Hidalgo. En los apartados siguientes se expone dicha vinculación.

### III.2.1. Ley para la Protección al Ambiente del Estado de Hidalgo

La Ley para la Protección al Ambiente del Estado de Hidalgo, publicada el 16 de febrero de 2016, tiene como finalidad garantizar el derecho de toda persona a vivir en un ambiente sano para su desarrollo, salud y bienestar, así como fomentar el acceso a la justicia ambiental y proteger los recursos naturales, la preservación y restauración del equilibrio ecológico y el desarrollo sustentable.

De manera análoga a la LGEEPA, esta ley establece el alcance de los instrumentos de política ambiental en las materias que no están reservadas a la Federación y que conforme a la Ley General son competencia de los estados y municipios.

Debido a la naturaleza, ubicación y antigüedad del proyecto, la regulación de la mayoría de los aspectos ambientales relacionados con su desarrollo es de jurisdicción federal y, por tanto, no le son aplicables las regulaciones estatales, con excepción de la gestión de los residuos sólidos urbanos y de manejo especial, así como aspectos y criterios generales relativos a la prevención de la contaminación del agua, aire y suelo (Tabla III.14).

*Tabla III.14 Vinculación del proyecto con la Ley para la Protección al Ambiente del Estado de Hidalgo*

| Artículo | Disposición | Vinculación |
|---|---|---|
| | **CAPÍTULO II**<br>**DE LA PREVENCIÓN Y CONTROL DE LA CONTAMINACIÓN DE LA ATMÓSFERA** | |
| **131** | *Para la prevención y control de la contaminación ambiental se consideran los siguientes criterios:*<br>*I. La calidad del aire debe ser satisfactoria, para el bienestal de la población y el equilibrio ecológico;*<br>*II. Las emisiones de contaminantes de la atmósfera sean de fuentes fijas, naturales o móviles, deben ser reducidas y controladas para el bienestar de la población y el equilibrio ecológico;*<br>*III. …*<br>*IV. …*<br>*V. …*<br>*…* | Para prevenir y controlar la contaminación atmosférica, Compañía Minera Autlán realiza las siguientes acciones:<br>• En las unidades Molango y Nonoalco se han instalado colectores de polvos.<br>• En las tres unidades se realiza el monitoreo constante y la medición de $PM_{10}$ y $PM_{2.5}$ cada 90 días de acuerdo con la norma de salud.<br>• En los sitios pertinentes de las tres unidades se cuenta con puertos de muestreo.<br>• Se mantiene registro de todas sus emisiones y se reportan a la autoridad federal.<br>• Se lleva una bitácora de operación y mantenimiento de los equipos de proceso y de control. |
| | **CAPÍTULO III**<br>**PREVENCIÓN Y CONTROL DE LA CONTAMINACIÓN DEL SUELO** | |
| **148** | *Para la prevención y control de la contaminación del suelo, se consideran los siguientes criterios:*<br>*I. La generación de residuos sólidos debe ser controlada desde su origen, reduciendo y previniendo su producción, ubicando su procedencia e incorporando métodos y técnicas para su rehusó (sic)m reciclaje, manejo y disposición final, en su caso;*<br>*II. En los suelos contaminados por la presencia de materiales o residuos, deberán llevarse a cabo las acciones necesarias para recuperar o restablecer sus condiciones, de tal manera que puedan ser utilizadas en cualquier tipo de actividades que resulte aplicable;*<br>*III. La utilización de plaguicidas, fertilizantes y sustancias tóxicas deben ser compatibles con el equilibrio ecológico de los ecosistemas, considerando sus efectos sobre la salud humana y la peligrosidad de su utilización; y*<br>*IV. …* | Para prevenir y controlar la contaminación del suelo por los residuos mineros, Compañía Minera Autlán cumple con las disposiciones de la Norma Oficial Mexicana NOM-157-SEMARNAT-2009 (planes de manejo de residuos mineros).<br>Tal como lo permite la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos y su reglamento, los residuos de la explotación (material de descapote no peligroso) permanecen en el sitio de su generación, dispuestos en las tepetateras.<br>Las tepetateras de la unidad Naopa, tal como lo confirman las autorizaciones otorgadas, se sitúan fuera de áreas naturales protegidas, humedales, cauces, zonas federales de aguas nacionales y lugares en donde eventualmente pudieran afectar núcleos de población, La nueva tepetatera, cuya autorización se solicita a través de esta MIA, tampoco afectará ese tipo de sitios.<br>Los residuos peligrosos que se generan en las tres unidades se manejan de conformidad con las obligaciones que derivan de la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos.<br>Los residuos del proceso de nodulización del manganeso son enviados a la Planta de Tamos Ferroaleaciones, en el estado de Veracruz.<br>Los jales, lamas o material descartado del proceso que se realiza en la unidad Nonoalco (roca gruesa o fina eliminada de los procesos de selección, que no ha sido sometida a tratamiento con ninguna sustancia química), se encuentra en depósitos en el sitio, en espera de su re-procesamiento para recuperar sus contenidos de manganeso.<br>En ninguna de las actividades que se desarrollan en las unidades de Compañía Minera Autlán se emplean plaguicidas o sustancias tóxicas que pudieran contaminar al suelo. Asimismo, todos los vehículos operativos son sometidos regularmente a mantenimientos preventivos, de manera que no se generen fugas de lubricantes o combustible. |
| **151** | *Queda prohibido descargar, derramar o depositar cualquier tipo de residuos de manejo especial o infiltración de sus lixiviados en la vía* | Los residuos de manejo especial que se generan en las unidades mineras se clasifican, separan y se comercializan con emplresas autorizadas por el gobierno del estado. |

| Artículo | Disposición | Vinculación |
|---|---|---|
| | *pública, carreteras estatales, caminos rurales y sitios no autorizados para tal fin.* | |
| **153** | *Los residuos que se acumulen, depositen o infiltren en los suelos, deberán reunir las condiciones necesarias para prevenir o evitar:*<br>*I. La contaminación del suelo:*<br>*II. Las alteraciones nocivas en el proceso biológico de los suelos; y*<br>*III. Las alteraciones en el suelo que perjudiquen su aprovechamiento, uso o explotación, riesgos y problemas de salud.* | De conformidad con la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos y su reglamento, los residuos de la explotación (material de descapote no peligroso), que se generan en la Unidad Minera Naopa, permanecen en el sitio de su generación, dispuestos en las tepetateras.<br>Como parte de las evaluaciones realizadas por la SEMARNAT, con base en las cuales se han emitido autorizaciones diversas en materia de cambio de uso de suelo en terrenos forestales en la Unidad Minera Naopa, la autoridad concluyó que el desarrollo del proyecto (explotación del mineral y conformación de tepetateras) afectaría el suelo en su primer horixonte, por la remoción de vegetación, el despalme y su posterior sellamiento, así como los procesos naturales para su formación; sin embargo, los análisis realizados y las medidas de prevención y mitigación consideradas por la empresa, que incluyeron obras complementarias al desarrollo, como la construcción de diques, presas de gaviones, revegetación de áreas, reforestación, obras de estabilización de taludes, terraceo y compactación del material de las tepetateras, y obras diversas de conservación de suelos, sentaron las bases para que la autoridad consiiderara técnicamente demostrado que el proyecto no provocaría la erosión de los suelos.<br>En consecuencia, Compañía Minera Autlán cuenta con diversos programas orientados a la conservación del suelo y agua, reforestación, revegetación, mantenimiento de taludes, y restauración del sitio.<br>Las acciones de dichos programas se ejecutan como parte de las actividades que se realizan regularmente en la unidad Naopa, con resultados favorables en cuanto a la prevención de la pérdida y contaminación del suelo. |
| **156** | *Las personas físicas o morales generadoras de residuos de manejo especial deberán presentar el manifiesto correspondiente y obtener el respectivo registro emitido por la Secretaría e ingresar ante la Secretaría sus planes y programas de manejo que definan acciones y medidas para la prevención, control, minimización, reutilización y reciclaje, su informe de avances y logros de forma semestral, el cual pordrá ser modificado a fin de lograr objetivos de protección al ambiente.* | Los residuos de manejo especial que se generan en las unidades mineras se clasifican, separan y se comercializan con emplresas autorizadas por el gobierno del estado **(Anexo II.12).** |
| **157** | *Los generadores de residuos de manejo especial deberán contar con una bitácora autorizada por la Secretaría en la que llevarán el registro del volumen de residuos de manejo especial que genrean y las modalidades de manejo, así mismo, habrán de sujetar sus residuos a los planes de manejo aprobados, además de presentar semestralmente el reporte de generación correspondiente.* | |
| **162** | *Se prohibe la incineración de residuos sólidos urbanos y de residuos de manejo especial en el Estado, salvo casos excepcionales y previa autorización de la Secretaría.* | |
| **CAPÍTULO IV**<br>**DE LA PREVENCIÓN Y CONTROL DE LA CONTAMINACIÓN DEL AGUA** | | |
| **166** | *La prevención de la contaminación del agua, corresponde a los organismos públicos que administren el agua del Estado y los Ayuntamientos.*<br>*(…)* | En ninguna de las unidades de Compañía Minera Autlán se descargan aguas de origen industrial sin tratamiento. Entre las tres unidades se operan seis plantas de tratamiento de aguas residuales. |

| Artículo | Disposición | Vinculación |
|---|---|---|
| | *Tratándose de plantas de tratamiento de aguas residuales, las inspecciones a las que se refiere este artículo, deberán enfocarse, además, al diagnóstico de las condiciones estructurales y de funcionamiento para identificar, oportunamente, posibles fallas o daños y proceder a su inmediata reparación.*<br>*Las disposiciones contenidas en el presente artículo son aplicables a las descargas de aguas residuales que se viertan a los cuerpos de agua y a los sistemas de drenaje y alcantarillado de los municipios, observando las disposiciones contenidas en esta Ley y demás disposiciones aplicables.*<br>*(…)* | Toda el agua que se utiliza en el procesamiento del manganeso se reutiliza.<br>La mayor parte del agua residual tratada que se genera se reutiliza en el riego de caminos, enfriamiento de equipos, espreado de polvos y lavado de vehículos pesados. El resto se descarga de conformidad con los Permisos de Descarga otorgados por la CONAGUA.<br>Previamente a la utilización del agua residual tratada, se realiza el muestreo de su calidad y se asegura que ésta no contenga contaminantes fuera de los límites normativos.<br>Compañía Minera Autlán cuenta con un Programa de Monitoreo de la Calidad del Agua, que opera bajo un protocolo para el muestreo interno y externo de aguas superficiales, a efecto de identificar la calidad del agua en el área de influencia de las operaciones y prevenir cualcuier posible impacto. Dicho programa se aplica en las tres unidades.<br>El programa opera en 15 estaciones de monitreo en Molango, once en Nonoalco y diez en Naopa, en los que se monitrean los parámetros de la Norma Oficial Mexicana NOM-001-SEMARNAT.2001.<br>Adicionalmente, Compañía Minera Autlán cuenta con un Plan de Manejo Ambiental, a través del cual se implementan en las tres unidades mineras, diversos programas relacionados con el agua, como son:<br>• Programa de cultura del agua.<br>• Programa de mantenimiento de infraestructura, maquinaria, equipo y plantas de tratamiento.<br>• Programa de reciclaje de agua.<br>• Programa de manejo de agua de laboreo.<br>• Programa de manejo de agua pluvial.<br>• Programa de control de escorrentías.<br>• Programa de mantenimiento de cortinas en presas,<br>• Programa de mantenimiento y vigilancia de presas.<br>• Programa de servicios de laboratorios acreditados.<br>• Programa de medición, revisión y cambio de medidores. |
| **168** | *Para el aprovechamiento sustentable de los ecosistemas acuáticos y de las aguas se considerarán los siguientes criterios:*<br>*I. Corresponde al Estado y a la sociedad la protección de los ecosistemas acuáticos y el equilibrio de los elementos naturales que intervienen en el ciclo hidrológico;*<br>*II. El aprovechamiento sustentable de los recursos naturales que comprenden los ecosistemas acuáticos, debe realizarse de manera que no se afecte su equilibrio ecológico;*<br>*III. Para mantener la integridad y el equilibrio de los elementos naturales que intervienen en el ciclo hidrológico, se deberán considerar la protección de suelos y áreas boscosas y el mantenimiento de caudales básicos de las corrientes de agua, así como la capacidad de recarga de los acuíferos;*<br>*IV. La preservación y el aprovechamiento sustentable de los ecosistemas acuáticos es responsabilidad de sus usuarios, así como de quienes realicen obras o actividades que afecten dichos recursos; y*<br>*V. Se dará prioridad al manejo integrado de la cuenca para el destino de los recursos públicos.* | |
| **170** | *Con el propósito de asegurar la disponibilidad del agua y abatir los niveles de desperdicio, las autoridades competentes promoverán el ahorro y uso eficiente del agua, el tratamiento de aguas residuales y su reutilización.* | |
| **171** | *Se prohíbe arrojar materiales y sustancias corrosivas, reactivas, explosivas, tóxicas, inflamables o biológico-infecciosas en cuerpos de agua, así como en los sistemas de drenaje y alcantarillado de los municipios, (…)*<br>*(…)* | No se realiza el vertimiento de ningún material o sustancia en algún cuerpo de agua. |
| **CAPÍTULO V**<br>**DE LA PREVENCIÓN Y CONTROL DE LA CONTAMINACIÓN OCASIONADA POR RUIDO, VIBRACIONES, ENERGÍA TÉRMICA, LUZ INTRUSA Y OLORES** | | |
| **172** | *Quedan prohibidas las emisiones de ruido, vibraciones, olores, energía térmica, luz intrusa, cuando rebasen los límites máximos establecidos en las Normas Oficiales Mexicanas y Normas Técnicas Ecológicas Estatales, considerando los valores de concentración máxima permisibles para el ser humano y de contaminantes en el ambiente, que determine la Secretaría o la autoridad competente. La Secretaría, adoptará las acciones para impedir que se trasgredan dichos límites y la Procuraduría aplicará las medidas y sanciones correspondientes.*<br>*En la construcción de obras o instalaciones que generen energía térmica, luz intrusa, olores, ruido o vibraciones, así como en la* | Compañía Minera Autlán realiza el monitoreo de la emisión de ruido en las instalaciones de la unidad Naopa. Los resultados de la última medición realizada (septiembre de 2023) indican que en horario nocturno no se emite nivel sonoro, en tanto que en horario diurno el nivel sonoro alcanzado es de 51.87 dB A, valor que se encuentra dentro de los Límites Máximos Permisibles establecidos en la Norma Oficial Mexicana NOM-081-SEMARNAT-1994.<br>Para mitigar la generación de ruido Compañía Minera Autlán opera un programa de mantenimiento preventivo a los equipos pesados. |

| Artículo | Disposición | Vinculación |
|---|---|---|
| | *operación o funcionamiento de las existentes, deberán llevarse a cabo acciones preventivas y correctivas para evitar los efectos nocivos de tales contaminantes en el equilibrio ecológico y el ambiente.* | |
| **174** | *Se prohibe producir ruido, vibraciones y olores, excepto en los siguientes casos:*<br>*I. Cuando la acción se encuentre sujeta a límites y controles en la Norma Técnica Vigente, sea Federal o Estatal; y*<br>*(…)* | |
| **175** | *Son obligaciones de quienes produzcan ruido, vibraciones y olores las siguientes:*<br>*I. Abstenerse de rebasar los límites y condiciones establecidas en las Normas Técnicas vigentes, sean Federales o Estatales;*<br>*II. Equipar o instalar mecanismos para evitar o disminuir la producción de ruido, vibraciones y olores;*<br>*III. Llevar un registro de ruidos, vibraciones y olores, así como de su periodicidad; y*<br>*IV. Reportar semestralmente ante la Autoridad competente los datos del registro de emisión de ruido,*<br>*vibraciones y olores.* | |
| **CAPÍTULO VI**<br>**DE LA CONTAMINACIÓN VISUAL Y PROTECCIÓN DEL PAISAJE** | | |
| **176** | *La Secretaría emitirá las disposiciones generales con el propósito de evitar el deterioro del paisaje natural en las zonas con valor escénico, y la contaminación visual en los centros de población. Por su parte, los Municipios deberán incorporar en sus Bandos de Policía y Gobierno, Reglamentos y disposiciones que regulen obras, actividades y anuncios publicitarios con el fin de evitar la contaminación visual en los centros de población.*<br>*La Secretaría y los Municipios determinarán las zonas que tengan un valor escénica o de paisaje natural, y regularán y autorizarán los tipos de obras o actividades que se puedan realizar dentro de éstas con el propósito de evitar su deterioro.* | En el desarrollo de sus operaciones Compañía Minera Autlán ha procurado minimizar el deterioro del paisaje.<br>En el Capítulo IV de esta MIA-R se exponen los resultados del análisis del paisaje realizado con el propósito de mitigar su afectación.<br>De acuerdo con dicho estudio, el Sistema Ambiental Regional del proyecto se caracteriza por tener una fragilidad ambiental claramente dominada por el uso del suelo y la cobertura vegetal, e influenciada por el relieve. Las áreas con fragilidad muy baja, baja y media se encuentran en áreas con uso de suelo agropecuario y, en algunos casos, con vegetación secundaria. A su vez, las áreas con mayor fragilidad corresponden a aquéllas que tienen una cobertura vegetal primaria, principalmente con bosque mesófilo de montaña.<br>Con base en dicho análisis, en el Capítulo VI de esta MIA-R se proponen diversas medidas ambientales que mitigarán el deterioro del paisaje. |
| **CAPÍTULO X**<br>**DEL REGISTRO DE EMISIONES Y TRANSFERENCIA DE CONTAMINANTES** | | |
| **190** | *La Secretaría deberá integrar un Registro de Emisiones y Transferencia de Contaminantes del aire, agua, suelo y subsuelo, materiales y residuos de su competencia, así como de aquellas sustancias que determine la autoridad correspondiente. La información del registro se integrará con los datos y documentos contenidos en las autorizaciones, cedulas, informes, reportes, licencias, permisos y concesiones que en materia ambiental se tramiten ante la Secretaria.*<br>*Las personas físicas y morales, responsables de fuentes contaminantes están obligadas a proporcionar la información, datos y documentos necesarios para la integración del registro.* | Conforme a las disposiciones del artículo 191, las instalaciones de las tres unidades son establecimiento sujetos a reporte, por lo que deben tramitar y obtener su Licencia Ambiental Estatal y reportar sus emisiones a través de la Cédula de Operación Anual.<br>Una vez que la autoridad ambiental estatal publique los procedimientos para el registro y el trámite de la Licencia Ambiental Estatal, Compañía Minera Autlán procederá como lo ordena la ley. |
| **191** | *Se consideran establecimientos sujetos a reporte de competencia estatal, las fuentes emisoras de contaminación atmosférica a las* | |

| Artículo | Disposición | Vinculación |
|---|---|---|
| | *que se refiere el Reglamento de la presente Ley en esta materia, los generadores de residuos de manejo especial en términos de la Ley de Prevención y Gestión Integral de Residuos del Estado de Hidalgo y su Reglamento, así como aquellos que descarguen aguas residuales en cuerpos receptores de jurisdicción Estatal y los Sistemas de Drenaje y Alcantarillado Municipal.* | |
| **192** | *El Reglamento que se expida en la materia, determinará los sectores y subsectores sujetos a proporcionar información para la integración del registro y los mecanismos para ello.* | |
| **193** | *Para actualizar la base de datos de la Licencia Ambiental Estatal para el registro, los establecimientos sujetos a reporte deberán presentar la información sobre sus emisiones y transferencia de contaminantes al aire, agua, suelo y subsuelo, materiales y residuos de manejo especial, ocurridas durante el año calendario anterior.*<br>*La información se proporcionará a través de la Cédula de Operación Anual, durante el primer cuatrimestre de cada año, y contendrá la siguiente información:*<br>*(…)* | |

## III.2.2. Ley de Prevención y Gestión Integral de Residuos del estado de Hidalgo

La Ley de Prevención y Gestión Integral de Residuos del estado de Hidalgo tiene por objeto regular la generación, aprovechamiento y gestión integral de los residuos sólidos urbanos y de manejo especial, de conformidad con lo que establece la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos, a fin de propiciar el desarrollo sustentable en el Estado. La aplicación de esta ley corresponde al Ejecutivo del Estado por conducto de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales del estado de Hidalgo (SEMARNATH).

Debido a que las tres unidades que integran el proyecto generan residuos sólidos de manejo especial, existe vinculación del proyecto con esta ley (Tabla III.15).

*Tabla III.15 Vinculación del proyecto con la Ley de Prevención y Gestión Integral de Residuos del estado de Hidalgo*

| Artículo | Disposición | Vinculación |
|---|---|---|
| **28** | La Secretaría, en coordinación y respetando el ámbito de competencia de los municipios, promoverá el establecimiento de planes de manejo para facilitar la devolución y acopio de productos de consumo que, al desecharse, se convierten en residuos, a fin de que sean enviados a instalaciones en las cuales se sometan a procesos que permitan su aprovechamiento o, de ser el caso, a empresas autorizadas a tratarlos o disponerlos en sitios de confinamiento.<br>Los planes de manejo a los que hace referencia el párrafo anterior, también podrán establecerse en el caso de residuos de manejo especial, atendiendo a las necesidades y circunstancias particulares de los generadores y tipos de residuos involucrados.<br>**(…)** | Debido al volumen de residuos de manejo especial que se generan en las tres unidades, la empresa no es considerada un gran generador.<br>Sin embargo, Compañía Minera Autlán cuenta con la autorización del Registro como Generador de Residuos de Manejo Especial No. RME-1351-2016, de fecha 15 de noviembre de 2016 **(Anexo II.12)**. |
| **30** | De acuerdo con lo que establece la Ley General, serán responsables de la formulación y ejecución de los planes de manejo, según corresponda: los **grandes generadores** y los productores, importadores, exportadores y distribuidores de los productos que, al desecharse, se convierten en los residuos sólidos urbanos o de manejo especial, que se incluyan en los listados de residuos sujetos a planes de manejo, de conformidad con las normas oficiales mexicanas correspondientes. | |

| Artículo | Disposición | Vinculación |
|---|---|---|
| **42** | Las personas físicas o morales que generen residuos sólidos urbanos y de manejo especial, tienen la propiedad y responsabilidad del residuo en todo su ciclo de vida, incluso durante su manejo, recolección, acopio, transporte, reciclado, tratamiento o disposición final, de conformidad con lo establecido en esta Ley y demás ordenamientos aplicables. Una vez que los residuos sólidos urbanos o de manejo especial han sido transferidos a los servicios públicos o privados de limpia, o a empresas registradas por las autoridades competentes, para dar servicios a terceros relacionados con su recolección, acopio, transporte, reciclado, tratamiento o disposición final, la responsabilidad de su manejo ambientalmente adecuado y de acuerdo con las disposiciones de esta Ley y otros ordenamientos aplicables, se transferirá a éstos, según corresponda.<br>**(…)** | Compañía Minera Autlán asume la responsabilidad de los residuos de manejo especial que se generan en las tres unidades.<br>Los residuos de manejo especial son transferidos a empresas registradas y autorizadas que dan servicios a terceros relacionados con su recolección, acopio, transporte, reciclado, tratamiento o disposición final. |
| **43** | Es obligación de toda persona física o moral generadora de residuos sólidos urbanos o de manejo especial en el Estado de Hidalgo:<br>I. Participar en los planes y programas que establezcan las autoridades competentes para facilitar la prevención y reducción de la generación de residuos sólidos;<br>II. Conservar limpias las vías públicas y áreas comunes;<br>III. Barrer diariamente las banquetas y mantener limpios de residuos los frentes de sus viviendas o establecimientos industriales o mercantiles, así como los terrenos de su propiedad que no tengan construcción, a efecto de evitar contaminación y proliferación de fauna nociva;<br>IV. Separar los residuos sólidos urbanos y de manejo especial, y entregarlos para su recolección conforme a las disposiciones que esta Ley y otros ordenamientos establecen;<br>V. Pagar oportunamente por el servicio de limpia, de ser el caso, así como las multas y demás cargos impuestos por violaciones a la presente Ley y demás ordenamientos jurídicos aplicables;<br>VI. Cumplir con las disposiciones específicas, criterios, normas y recomendaciones técnicas aplicables en su caso;<br>VII. Almacenar los residuos correspondientes con sujeción a las normas oficiales mexicanas o los ordenamientos jurídicos del Estado de Hidalgo, a fin de evitar daños a terceros y facilitar su recolección;<br>VIII. Hacer del conocimiento de las autoridades competentes, las infracciones que se estimen se hubieran cometido contra la normatividad de residuos sólidos urbanos y de manejo especial de las que fueren testigos; y<br>IX. Las demás que establezcan los ordenamientos jurídicos aplicables. | Como generador de residuos sólidos urbanos y de manejo especial, Compañía Minera Autlán cumple con las obligaciones establecidas en la ley.<br>Como parte de este proyecto se incluye el sitio propuesto para la construcción de un relleno sanitario en la unidad Molango. |

## III.3. Planes de Ordenamiento Ecológico del Territorio

### III.3.1. Programa de Ordenamiento Ecológico General del Territorio

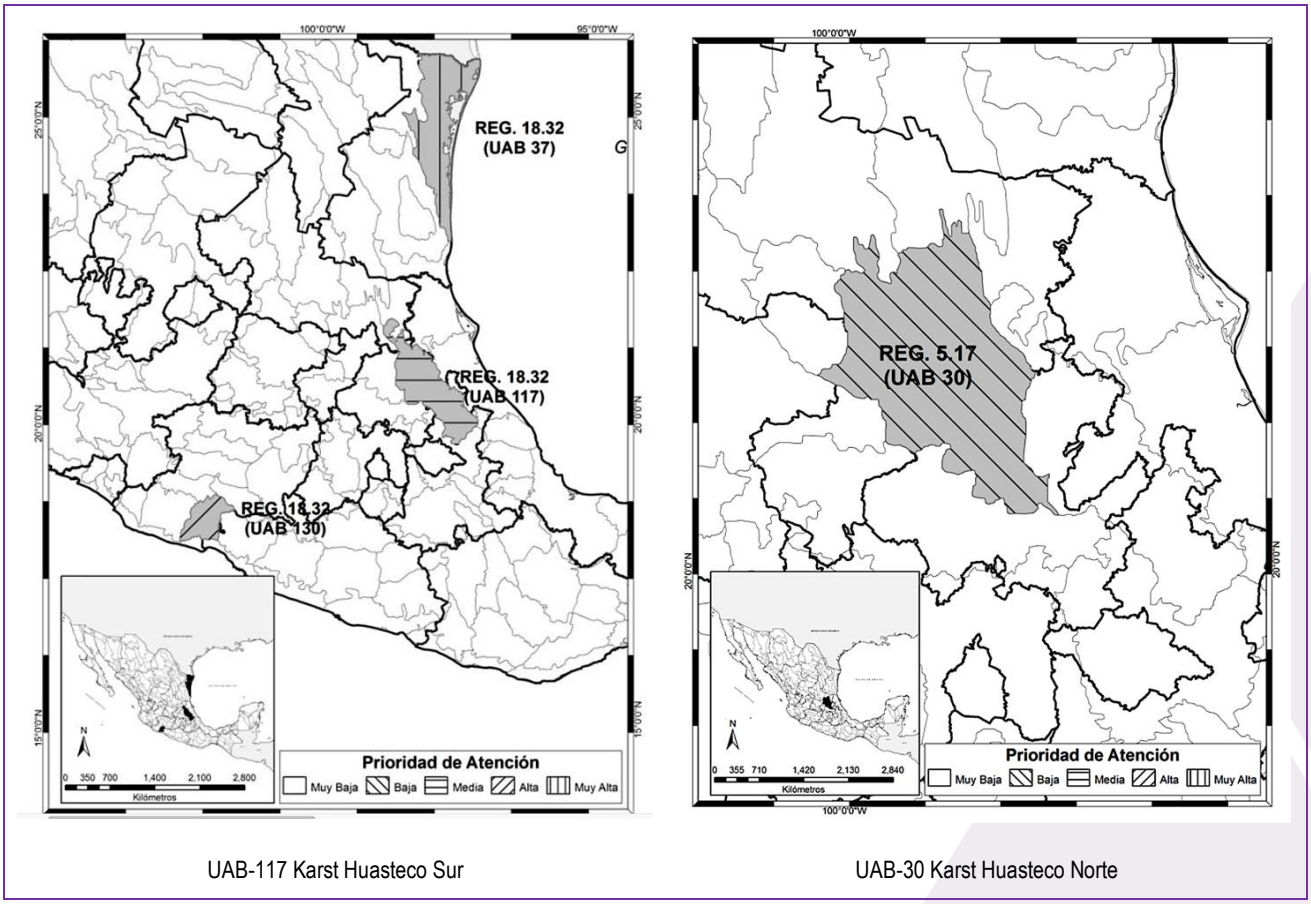
El Programa de Ordenamiento Ecológico General del Territorio (POEGT), elaborado por la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, y publicado en el Diario Oficial de la Federación el 7 de septiembre de 2012, es un instrumento de política pública y planeación del desarrollo, que establece un marco que permite a las dependencias y entidades de la Administración Pública Federal formular e implementar programas sectoriales que consideren la aptitud del territorio, la conservación de recursos naturales y la prevención de riesgos ambientales.

De acuerdo con la regionalización del territorio nacional del POEGT, el Proyecto **Distrito Minero Autlán** se localiza en las regiones ecológicas 18.32 y 5.17. La mayor superficie del proyecto se sitúa en la Unidad Ambiental Biofísica UAB-117 Karst Huasteco Sur, perteneciente a la Región Ecológica 18.32. A su vez, en la UAB -30 Karst Huasteco

Norte se ubican fracciones de tres polígonos del proyecto. (Tabla III.16 y **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**).

*Tabla III.16 Localización del proyecto en la regionalización del POEGT*

| Región Ecológica | Unidad Ambiental Biofísica | Área del proyecto que incide |
|---|---|---|
| 18.32 | UAB-117 Karst Huasteco Sur | ▪ Unidad Molango<br>▪ Unidad Naopa<br>▪ Unidad Nonoalco<br>▪ Mayoría de las Áreas de Interés de Exploración |
| 5.17 | UAB-30 Karst Huasteco Norte | ▪ Fracción del Área de Conservación (polígono 5.B.16 de la unidad Naopa)<br>▪ Fracción del Polígono del Área de Interés de Exploración 5 Toltecas y<br>▪ Polígono del Área de Interés de Exploración 6 Jiadi |




UAB-117 Karst Huasteco Sur

UAB-30 Karst Huasteco Norte

*Figura III.1 Localización del proyecto en la Regionalización del POEGT*

Los atributos ambientales, escenarios, políticas ambientales, prioridad de atención y estrategias de ordenamiento ecológico de estas unidades se indican en las tablas

Tabla III.17 y Tabla III.18.

*Tabla III.17 Caracterización, política y estrategias del POEGT para la UAB-117 Karst Huasteco Sur*

| UAB-117 Karst Huasteco Sur | |
|---|---|
| **Caracterización** | |
| Región Ecológica | 18.32 |
| Localización | Noreste de San Luis Potosí y Norte de Puebla |
| Superficie de la UAB | 13,271.77 km$^2$ |
| Población | 1,633,298 habitantes |
| Población indígena | Huasteca |
| Estado del medio ambiente (2008) | Inestable |
| Conflicto Sectorial | Nulo |
| Sup. de ANP's | Nula |
| Degradación de los suelos | Media |
| Degradación de la vegetación | Muy alta |
| Degradación por desertificación | Sin degradación por desertificación |
| Modificación antropogénica | Baja |
| Longitud de carreteras | Media |
| Porcentaje de zonas urbanas | Muy bajo |
| Porcentaje de cuerpos de agua | Muy bajo |
| Densidad de población (hab/km$^2$) | Baja |
| Uso del suelo | Agrícola y Forestal |
| Disponibilidad de agua superficial | Con disponibilidad |
| Disponibilidad de agua subterránea | Con disponibilidad |
| Porcentaje de Zona Funcional Alta | 35.8 |
| Marginación social | Alta |
| Índice Medio de Educación | Muy bajo |
| Índice Medio de Salud | Bajo |
| Hacinamiento en la vivienda | Alto |
| Indicador de Consolidación de la Vivienda | Bajo |
| Indicador de Capitalización Industrial | Medio |
| Tasa de Dependencia Económica Municipal | Medio porcentaje |
| Trabajadores por actividades remuneradas por municipios | Muy alto porcentaje |
| Actividad agrícola | De carácter campesino |
| Importancia de la actividad minera | Alta |
| Importancia de la actividad ganadera | Media |
| Escenario 2033 | Inestable a Crítico |
| **Política Ambiental** | **Restauración y Aprovechamiento Sustentable** |
| Prioridad de Atención | Media |
| **Ejes del Desarrollo** | |
| Rectores del desarrollo | Preservación de Flora y Fauna |
| Coadyuvantes del desarrollo | Forestal – Minería |

| UAB-117 Karst Huasteco Sur | | |
|---|---|---|
| Asociados del desarrollo | | Agricultura – Ganadería – Poblacional |
| Otros sectores de interés | | CFE – Desarrollo Social – PEMEX – Turismo |
| Estrategias sectoriales | | 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 12, 13, 14, 15, 15 BIS, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 28, 29, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 39, 40, 41, 42, 44 |
| **Estrategias** | | |
| **Grupo I. Dirigidas a lograr la sustentabilidad ambiental del territorio:** | | **Vinculación y Compatibilidad del proyecto** |
| Preservación | 1. Conservación *in situ* de los ecosistemas y su biodiversidad. | En la mayor medida posible, **Compañía Minera Autlán** evita la afectación de áreas del terreno que son innecesarias para sus actividades; asimimso, promueve la conservación *in situ* de los ecosistemas del sitio y su biodiversidad. |
| | 2. Recuperación de especies en riesgo. | La empresa cuenta con un Programa de Rescate de Especies y un Programa de Protección de Flora y Fauna. Ambos se ejecutan en la medida que el desarrollo de sus operaciones lo requieren, e igualmente, serán implementados con el desarrollo de las nuevas obras que se autoricen. |
| | 3. Conocimiento, análisis y monitoreo de los exosistemas y su biodiversidad. | Una vez que se autorice la integración de las tres unidades mineras en el Proyecto DMA, la compañía diseñará e implementará un Programa Integral de Monitoreo de Ecosistemas y Biodiversidad. |
| Aprovechamiento Sustentable: | 4. Aprovechamiento sustentable de ecosistemas, especies, genes y recursos naturales. | La estrategia no es aplicable al proyecto. Éste no realiza el aprovechamiento de ecosistemas, especies o genes. |
| | 5. Aprovechamiento sustentable de los suelos agrícolas y pecuarios | El proyecto ocupa porciones de terrenos degradados, que en el pasado se utilizaban para actividades agrícolas y el pastoreo. |
| | 6. Modernizar la infraestructura hidroagrícola y tecnificar las superficies agrícolas. | La estrategia no es aplicable al proyecto |
| | 7. Aprovechamiento sustentable de los recursos forestales. | La estrategia no es aplicable al proyecto. Éste no realiza el aprovechamiento de recursos forestales. |
| | 8. Valoración de los servicios ambientales. | Como parte de los estudios realizados para obtener las autorizaciones de impacto ambiental y cambio de uso de suelo de algunas áreas y obras del proyecto, se efectuó el análisis y la valoración de los servicios ambientales del área.<br>Con base en dicha valoración, se propusieron medidas, que han sido ejecutadas, encaminadas a reducir, mitigar, atenuar o, en su caso, eliminar los efectos adversos de las actividades y obras mineras sobre los servicios ambientales del sitio.<br>Con este nuevo proyecto se realizará la valoración de los servicios ambientales que podrán verse afectados por el cambio de uso de suelo de terrenos forestales en 37.9590 ha que se destinarán a la conformación de una nueva<br>En consecuencia, se realizará ante la Secretaría el trámite correspondiente y se propondrán las medidas que permitan prevenir, y mitigar la afectación de los servicios ambientales. |
| Protección de los recursos naturales: | 12. Protección de los ecosistemas. | Como parte de las evaluaciones de impacto ambiental que se hicieron para algunas áreas y obras del proyecto, se identificaron y valoraron los posibles efectos adversos de éstas sobre los ecosistemas y, en consecuencia, se propusieron medidas para su prevención y mitigación.<br>Las medidas fueron validadas por la autoridad en las autorizaciones de impacto ambiental y de cambio de uso del suelo otorgadas, y han sido ejecutadas por la empresa.<br>Para este nuevo proyecto, en esta MIA-R se incluyen los resultados de la identificación y evaluación de los impactos potenciales adversos en los ecosistemas, derivados de las adiciones que se proponen (Capítulo V). Asimismo, se han propuesto las medidas que se consideran para la prevención y mitigación cada impacto.<br>El nuevo proyecto, al requerir una mayor superficie, obtendr la autorización de cambio de uso de suelo de terrenos forestales, evaluando el efecto que |

| UAB-117 Karst Huasteco Sur | | |
|---|---|---|
| | | tendrá la remoción de 37.9590 ha para la conformación de la Tepetatera Guadalupe. |
| | 13. Racionalizar el uso de agroquímicos y promover el uso de biofertilizanes. | El proyecto no prevé el uso de agroquímicos o fertilizantes. |
| Restauración: | 14. Restauración de ecosistemas forestales y suelos agrícolas | Al concluir la vida útil del proyecto se ejecutará un Plan de Cierre y Restauración. Dicho plan incluirá la recuperación de la vegetación y la vocación del suelo. |
| Aprovechamiento sustentable de recursos naturales no renovables y actividades de producción y servicios: | 15. Aplicación de los productos del Servicio Geológico Mexicano al desarrollo económico y social y al aprovechamiento sustentable de los recursos naturales no renovables. | Por el desarrollo que actualmente tienen las unidades que integran el proyecto, la estrategia no le es aplicable. |
| | 15 bis. Consolidar el marco normativo ambiental aplicable a las actividades mineras, a fin de promover una minería sustentable. | La estrategia no es aplicable al proyecto; está dirigida a las dependencias de la Administración Pública Federal. Sin embargo, en el desarrollo de sus operaciones la compañía ha cumplido con la normatividad ambiental vigente. |
| | 18. Establecer mecanismos de supervisión e inspección que permitan el cumplimiento de metas y niveles de seguridad adecuados en el sector hidrocarburos. | La estrategia no es aplicable al proyecto; éste no pertenece al sector hidrocarburos. |
| | 19. Fortalecer la confiabilidad y seguridad energética para el suministro de electricidad en el territorio, mediante la diversificación de las fuentes de energía, incrementando la participación de tecnologías limpias, permitiendo de esta forma disminuir la dependencia de combustibles fósiles y las emisiones de gases de efecto invernadero. | La estrategia no es aplicable al proyecto; está dirigida a las dependencias de la Administración Pública Federal. |
| | 20. Mitigar el incremento en las emisiones de Gases Efecto Invernadero y reducir los efectos del Cambio Climático, promoviendo las tecnologías limpias de generación eléctrica y facilitando el desarrollo del mercado de bioenergéticas bajo condiciones competitivas, protegiendo la seguridad alimentaria y la sustentabilidad ambiental. | La estrategia no es aplicable al proyecto; está dirigida a las dependencias de la Administración Pública Federal.<br>Independientemente de ello, el proyecto mantendrá control sobre sus emisiones conforme a las disposiciones de la normatividad ambiental y las regulaciones particulares que le son aplicables. |
| **Grupo II. Dirigidas al mejoramiento del sistema social e infraestructura urbana:** | | **Vinculación y observancia del proyecto** |
| Suelo urbano y vivienda: | 24. Mejorar las condiciones de vivienda y entorno de los hogares en condiciones de pobreza para fortalecer su patrimonio. | La estrategia no es aplicable al proyecto. Sin embargo, debido a su antigüedad y localización, dentro de la unidad Molango se ha construido una zona habitacional para el personal que labora en la empresa. Las condiciones de las viviendas de la unidad habitacional son dignas y adecuadas. |
| Agua y Saneamiento: | 28. Consolidar la calidad del agua en la gestión integral del recurso hídrico. | La estrategia no es aplicable al proyecto. No obstante, el proyecto cuenta con seis plantas de tratamiento de aguas residuales y la empresa mantiene un monitoreo permanente de la calidad del agua de sus descargas y de diversos sitios de la región. |
| | 29. Posicionar el tema del agua como un recurso estratégico y de seguridad nacional. | La estrategia no es aplicable al proyecto; está dirigida a las dependencias de la Administración Pública. |
| Infraestructura y equipamiento urbano y regional: | 31. Generar e impulsar las condiciones necesarias para el desarrollo de ciudades y zonas metropolitanas seguras, competitivas, sustentables, bien estructuradas y menos costosas. | La estrategia no es aplicable al proyecto; está dirigida a las dependencias de la Administración Pública. |

| UAB-117 Karst Huasteco Sur | | |
|---|---|---|
| | 32. Frenar la expansión desordenada de las ciudades, dotarlas de suelo apto para el desarrollo urbano y aprovechar el dinamismo, la fortaleza y la riqueza de las mismas para impulsar el desarrollo regional. | La estrategia no es aplicable al proyecto; está dirigida a las dependencias de la Administración Pública. |
| Desarrollo Social: | 33. Apoyar el desarrollo de capacidades para la participación social en las actividades económicas y promover la articulación de programas para optimizar la aplicación de recursos públicos que conlleven a incrementar las oportunidades de acceso a servicios en el medio rural y reducir la pobreza. | Las estrategias no son aplicables al proyecto; están dirigidas a las dependencias de la Administración Pública. No obstante, Compañía Minera Autlán mantiene diversos programas sociales en la zona de sus operaciones, que contribuyen al desarrollo socual regional. Entre ellos destacan los siguientes:<br>**Convenio de responsabilidad social**: brinda una serie de beneficios a favor de las comunidades que son vecinas al proyecto y que se encuentran a menos de un kilómetro de distancia, o que proporcionan a la empresa el derecho de uso de las tierras. La comunidad de Naopa cuenta con este beneficio, logrando una inversión anual de aproximadamente 7 MDP, donde destacan los programas "Autlán crece contigo" y "Médico y medicamentos para la Comunidad", que contribuyen al Objetivo de Desarrollo Sostenible (ODS) de la Organización de las Naciones Unidas (ONU), ODS 3, salud y bienestar. Mediante el programa "Pago de luz, y vales", se aportan vales de despensa, que contribuyen a la disminución de la pobreza y la desigualdad alimentaria, con el objetivo de cumplir los ODS 1 Disminución de la pobreza, y ODS 2 Hambre cero.<br>**Plataforma Inversión Social**: genera valor compartido con las comunidades vecinas a las operaciones. Aporta un fondo anual de hasta 100k en especie, por comunidad, para el diseño e implementación de proyectos que resuelvan una problemática puntual. La plataforma efrece también programas transversales, como :<br>**Contigo Mujer**: promueve el desarrollo de capacidades y condiciones, para que mujeres de la sierra hidalguense emprendan, dotándoles de herramientas, aprendizajes y capacidades.<br>**Contigo Salud:** mediante el establecimiento de alianzas estratégicas, se acercan los servicios de salud a las comunidades de la zona de influencia de Compañía Minera Autlán, ya sea por medio de campañas de vacunación, pláticas de prevención a la salud, instalación de farmacias comunitarias, dotación de servicio médico y medicamentos.<br>**Contigo Reforestamos:** promueve la toma conciencia sobre el cuidado del medio ambiente, en las más de 46 comunidades de la zona de influencia de Compañía Minera Autlán, a través de la estrategia de reforestación de espacio públicos comunitarios.<br>**Contigo Cultura y tradiciones:** promueve que la inclusión social en la región, mediante la donación de un recurso anual a cada de las 46 comunidades vecinas, para el desarrollo de actividades culturales o tradiciones.<br>**Manos a la brocha**: es un programa que promueve la recuperación y rehabilitación de espacios públicos, que incentiven la convivencia social, mediante la donación de recursos anuales en especie.<br>**Fondo de Inversión para la Agenda 2030**: promueve el desarrollo sostenible del área de influencia de las operaciones de Compañía Minera Autlán, en alianza con el Gobierno del Estado. La compañía aporta el seguimiento y capital, y el Gobierno del Estado aporta asesoría para la formulación de los proyectos. |
| | 34. Integración de las zonas rurales de alta y muy alta marginación a la dinámica del desarrollo nacional. | |
| | 35. Inducir acciones de mejora de la seguridad social en la población rural para apoyar la producción rural ante impactos climatológicos adversos. | |
| | 36. Promover la diversificación de las actividades productivas en el sector agroalimentario y el aprovechamiento integral de la biomasa. Llevar a cabo una política alimentaria integral que permita mejorar la nutrición de las personas en situación de pobreza. | |
| | 37. Integrar a mujeres, indígenas y grupos vulnerables al sector económico-productivo en núcleos agrarios y localidades rurales vinculadas. | |
| | 38. Fomentar el desarrollo de capacidades básicas de las personas en condición de pobreza. | |
| | 39. Incentivar el uso de los servicios de salud, especialmente de las mujeres y los niños de las familias en pobreza. | |
| | 40. Atender desde el ámbito del desarrollo social, las necesidades de los adultos mayores mediante la integración social y la igualdad de oportunidades. Promover la asistencia social a los adultos mayores en condiciones de pobreza o vulnerabilidad, dando prioridad a la población de 70 años y más, que habita en comunidades rurales con los mayores índices de marginación. | |
| | 41. Procurar el acceso a instancias de protección social a personas en situación de vulnerabilidad. | |
| **Grupo III. Dirigidas al fortalecimiento de la gestión y la coordinación institucional:** | | **Vinculación y observancia del proyecto** |
| Marco Jurídico: | 42. Asegurar la definición y el respeto a los derechos de propiedad rural. | La unidad minera se ha insertado en la región con total respeto de los derechos de propiedad. |
| Planeación del Ordenamiento Territorial: | 44. Impulsar el ordenamiento territorial estatal y municipal y el desarrollo regional mediante acciones coordinadas entre los | La estrategia no es aplicable al proyecto, está dirigida a las dependencias de la Administración Pública. |

| UAB-117 Karst Huasteco Sur | | |
|---|---|---|
| | tres órdenes de gobierno y concertadas con la sociedad civil. | |

*Tabla III.18 Caracterización, política y estrategias del POEGT para la UAB-30 Karst Huasteco Norte*

| UAB-30 Karst Huasteco Norte | |
|---|---|
| **Caracterización** | |
| Región Ecológica | 5.17 |
| Localización | Norte de Querétaro, Norte de Hidalgo y Sur de San Luis Potosí |
| Superficie de la UAB | 15,924.43 km$^2$ |
| Población | 571,488 habitantes |
| Población indígena | Huasteca |
| Estado del medio ambiente (2008) | Medianamente Estable a Inestable |
| Conflicto Sectorial | Bajo |
| Sup. de ANP's | Media |
| Degradación de los suelos | Media |
| Degradación de la vegetación | Alta |
| Degradación por desertificación | Baja |
| Modificación antropogénica | Baja |
| Longitud de carreteras | Media |
| Porcentaje de zonas urbanas | Muy bajo |
| Porcentaje de cuerpos de agua | Muy bajo |
| Densidad de población (hab/km$^2$) | Muy Baja |
| Uso del suelo | Forestal y Agrícola |
| Disponibilidad de agua superficial | Con disponibilidad |
| Disponibilidad de agua subterránea | Con disponibilidad |
| Porcentaje de Zona Funcional Alta | 25.7 |
| Marginación social | Alta |
| Índice Medio de Educación | Bajo |
| Índice Medio de Salud | Medio |
| Hacinamiento en la vivienda | Medio |
| Indicador de Consolidación de la Vivienda | Medio |
| Indicador de Capitalización Industrial | Alto |
| Tasa de Dependencia Económica Municipal | Muy Alto |
| Trabajadores por actividades remuneradas por municipios | Bajo |
| Actividad agrícola | Con carácter campesino |
| Importancia de la actividad minera | Alta |
| Importancia de la Actividad ganadera | Alta |
| Escenario 2033 | Inestable |
| **Política Ambiental** | **Aprovechamiento Sustentable** |
| Prioridad de Atención | Baja |
| **Ejes del Desarrollo** | |
| Rectores del desarrollo | Forestañ |
| Coadyuvantes del desarrollo | Preservación de Flora y Fauna |

| UAB-30 Karst Huasteco Norte | | |
|---|---|---|
| Asociados del desarrollo | | Agricultura – Ganadería |
| Otros sectores de interés | | PEMEX |
| Estrategias sectoriales | | 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 12, 13, 14, 15, 15 BIS, 18, 36, 37, 38, 42, 43 y 44 |
| **Estrategias** | | |
| **Grupo I. Dirigidas a lograr la sustentabilidad ambiental del territorio:** | | **Vinculación y Compatibilidad del proyecto** |
| **Preservación:** | 1. Conservación in situ de los ecosistemas y su biodiversidad. | La unidad minera ocupa la superficie mínima suficiente para desarrollar sus operaciones de manera segura. La remoción de vegetación se ajusta a la superficie donde se autoriza el cambio de uso de suelo de terrenos forestales. Asimismo, la compañía promueve la conservación *in situ* de los ecosistemas del sitio y su biodiversidad. |
| | 2. Recuperación de especies en riesgo. | La empresa cuenta con un Programa de Rescate de Especies y un Programa de Protección de Flora y Fauna. Ambos se ejecutan en la medida que el desarrollo de sus operaciones lo requieren, e igualmente, serán implementados con el desarrollo de las nuevas obras que se autoricen. |
| | 3. Conocimiento análisis y monitoreo de los ecosistemas y su biodiversidad. | Una vez que se autorice la integración de las tres unidades mineras en el Proyecto DMA, la compañía diseñará e implementará un Programa Integral de Monitoreo de Ecosistemas y Biodiversidad. |
| **Aprovechamiento Sustentable:** | 4. Aprovechamiento sustentable de ecosistemas, especies, genes y recursos naturales. | La estrategia no es aplicable al proyecto. Éste no realiza el aprovechamiento de ecosistemas, especies o genes. |
| | 5. Aprovechamiento sustentable de los suelos agrícolas y pecuarios | El proyecto ocupa porciones de terrenos degradados, que en el pasado se utilizaban para actividades agrícolas y el pastoreo. |
| | 6. Modernizar la infraestructura hidroagrícola y tecnificar las superficies agrícolas. | La estrategia no es aplicable al proyecto |
| | 7. Aprovechamiento sustentable de los recursos forestales. | La estrategia no es aplicable al proyecto. Éste no realiza el aprovechamiento de recursos forestales. |
| | 8. Valoración de los servicios ambientales. | Como parte de los estudios realizados para obtener las autorizaciones de impacto ambiental y cambio de uso de suelo de algunas áreas y obras del proyecto, se efectuó el análisis y la valoración de los servicios ambientales del área.<br>Con base en dicha valoración, se propusieron medidas, que han sido ejecutadas, encaminadas a reducir, mitigar, atenuar o, en su caso, eliminar los efectos adversos de las actividades y obras mineras sobre los servicios ambientales del sitio.<br>Con este nuevo proyecto se realizará la valoración de los servicios ambientales que podrán verse afectados por el cambio de uso de suelo de terrenos forestales en 37.9590 ha que se destinarán a la conformación de una nueva<br>En consecuencia, se realizará ante la Secretaría el trámite correspondiente y se propondrán las medidas que permitan prevenir, y mitigar la afectación de los servicios ambientales. |
| **Protección de los recursos naturales:** | 12. Protección de los ecosistemas. | Como parte de las evaluaciones de impacto ambiental que se hicieron para algunas áreas y obras del proyecto, se identificaron y valoraron los posibles efectos adversos de éstas sobre los ecosistemas y, en consecuencia, se propusieron medidas para su prevención y mitigación.<br>Las medidas fueron validadas por la autoridad en las autorizaciones de impacto ambiental y de cambio de uso del suelo otorgadas, y han sido ejecutadas por la empresa.<br>Para este nuevo proyecto, en esta MIA-R se incluyen los resultados de la identificación y evaluación de los impactos potenciales adversos en los ecosistemas, derivados de las adiciones que se proponen (Capítulo V). Asimismo, se han propuesto las medidas que se consideran para la prevención y mitigación cada impacto.<br>El nuevo proyecto, al requerir una mayor superficie, obtendr la autorización de cambio de uso de suelo de terrenos forestales, evaluando el efecto que |

| UAB-30 Karst Huasteco Norte | | |
|---|---|---|
| | | tendrá la remoción de 37.9590 ha para la conformación de la Tepetatera Guadalupe. |
| | 13. Racionalizar el uso de agroquímicos y promover el uso de biofertilizanes. | El proyecto no prevé el uso de agroquímicos o fertilizantes. |
| **Restauración:** | 14. Restauración de ecosistemas forestales y suelos agrícolas | Al concluir la vida útil del proyecto se ejecutará un Plan de Cierre y Restauración. Dicho plan incluirá la recuperación de la vegetación y la vocación del suelo. |
| **Aprovechamiento sustentable de recursos naturales no renovables y actividades de producción y servicios:** | 15. Aplicación de los productos del Servicio Geológico Mexicano al desarrollo económico y social y al aprovechamiento sustentable de los recursos naturales no renovables. | Por el desarrollo que actualmente tienen las unidades que integran el proyecto, la estrategia no le es aplicable. |
| | 15 bis. Consolidar el marco normativo ambiental aplicable a las actividades mineras, a fin de promover una minería sustentable. | La estrategia no es aplicable al proyecto; está dirigida a las dependencias de la Administración Pública Federal. Sin embargo, en el desarrollo de sus operaciones la compañía ha cumplido con la normatividad ambiental vigente. |
| | 18. Establecer mecanismos de supervisión e inspección que permitan el cumplimiento de metas y niveles de seguridad adecuados en el sector hidrocarburos. | La estrategia no es aplicable al proyecto; éste no pertenece al sector hidrocarburos. |
| **Grupo II. Dirigidas al mejoramiento del sistema social e infraestructura urbana:** | | **Vinculación y observancia del proyecto** |
| **Desarrollo Social:** | 36. Promover la diversificación de las actividades productivas en el sector agroalimentario y el aprovechamiento integral de la biomasa. Llevar a cabo una política alimentaria integral que permita mejorar la nutrición de las personas en situación de pobreza. | Las estrategias no son aplicables al proyecto; están dirigidas a las dependencias de la Administración Pública. No obstante, Compañía Minera Autlán mantiene diversos programas sociales en la zona de sus operaciones, que contribuyen al desarrollo socual regional. Entre ellos destacan los siguientes:<br>**Convenio de responsabilidad social**: brinda una serie de beneficios a favor de las comunidades que son vecinas al proyecto y que se encuentran a menos de un kilómetro de distancia, o que proporcionan a la empresa el derecho de uso de las tierras. La comunidad de Naopa cuenta con este beneficio, logrando una inversión anual de aproximadamente 7 MDP, donde destacan los programas “Autlán crece contigo” y “Médico y medicamentos para la Comunidad”, que contribuyen al Objetivo de Desarrollo Sostenible (ODS) de la Organización de las Naciones Unidas (ONU), ODS 3, salud y bienestar. Mediante el programa “Pago de luz, y vales”, se aportan vales de despensa, que contribuyen a la disminución de la pobreza y la desigualdad alimentaria, con el objetivo de cumplir los ODS 1 Disminución de la pobreza, y ODS 2 Hambre cero.<br>**Plataforma Inversión Social**: genera valor compartido con las comunidades vecinas a las operaciones. Aporta un fondo anual de hasta 100k en especie, por comunidad, para el diseño e implementación de proyectos que resuelvan una problemática puntual. La plataforma efrece también programas transversales, como :<br>**Contigo Mujer**: promueve el desarrollo de capacidades y condiciones, para que mujeres de la sierra hidalguense emprendan, dotándoles de herramientas, aprendizajes y capacidades.<br>**Contigo Salud:** mediante el establecimiento de alianzas estratégicas, se acercan los servicios de salud a las comunidades de la zona de influencia de Compañía Minera Autlán, ya sea por medio de campañas de vacunación, pláticas de prevención a la salud, instalación de farmacias comunitarias, dotación de servicio médico y medicamentos.<br>**Contigo Reforestamos:** promueve la toma conciencia sobre el cuidado del medio ambiente, en las más de 46 comunidades de la zona de influencia de Compañía Minera Autlán, a través de la estrategia de reforestación de espacio públicos comunitarios.<br>**Contigo Cultura y tradiciones:** promueve que la inclusión social en la región, mediante la donación de un recurso anual a cada de las 46 comunidades vecinas, para el desarrollo de actividades culturales o |
| | 37. Integrar a mujeres, indígenas y grupos vulnerables al sector económico-productivo en núcleos agrarios y localidades rurales vinculadas. | |
| | 38. Fomentar el desarrollo de capacidades básicas de las personas en condición de pobreza. | |

| UAB-30 Karst Huasteco Norte | | |
|---|---|---|
| | | tradiciones.<br>**Manos a la brocha**: es un programa que promueve la recuperación y rehabilitación de espacios públicos, que incentiven la convivencia social, mediante la donación de recursos anuales en especie.<br>**Fondo de Inversión para la Agenda 2030**: promueve el desarrollo sostenible del área de influencia de las operaciones de Compañía Minera Autlán, en alianza con el Gobierno del Estado. La compañía aporta el seguimiento y capital, y el Gobierno del Estado aporta asesoría para la formulación de los proyectos. |
| **Grupo III. Dirigidas al fortalecimiento de la gestión y la coordinación institucional:** | | **Vinculación y observancia del proyecto** |
| **Marco Jurídico:** | 42. Asegurar la definición y el respeto a los derechos de propiedad rural. | La unidad minera se ha insertado en la región con total respeto de los derechos de propiedad. |
| **Planeación del Ordenamiento Territorial:** | 43. Integrar, modernizar y mejorar el acceso al catastro rural y la información agraria para impulsar proyectos productivos. | La estrategia no es aplicable al proyecto, está dirigida a las dependencias de la Administración Pública. |
| | 44. Impulsar el ordenamiento territorial estatal y municipal y el desarrollo regional mediante acciones coordinadas entre los tres órdenes de gobierno y concertadas con la sociedad civil. | La estrategia no es aplicable al proyecto, está dirigida a las dependencias de la Administración Pública. |

Del análisis de la tabla anterior, se observa que las obras y actividades del proyecto no contravienen ninguna de las políticas ambientales y estrategias que establece el POEGT para las unidades ambientales en donde se sitúa el proyecto.

Particularmente, sobresalen los siguientes aspectos:

- Ambas unidades ambientales tienen una política ambiental de Restauración y Aprovechamiento Sustentable la UAB-117, y de Aprovechamiento Sustentable la UAB-30, con las cuales es compatible el proyecto.
- Las unidades tienen nula (UAB-117) y media presencia (UAB-40) de áreas naturales protegida. El ANP más próxima al proyecto es la Reserva de la Biosfera Barranca de Metztitlán, en la que no incursionan las operaciones.
- En ambas unidades el porcentaje de zonas urbanas es muy bajo y la densidad de población es muy baja, y la marginación social es alta.
- En ambas unidades la importancia de la actividad minera es alta y en la UAB-117 se constituye también como uno de los ejes coadyuvante de desarrollo.
- Las actividades del proyecto se encuentran ampliamente reguladas en materia ambiental, e incorpora planes, programas y medidas de protección ambiental.
- Como parte de las evaluaciones de impacto ambiental previas a componentes del proyecto, se identificaron y valoraron los posibles efectos adversos de las actividades sobre los ecosistemas y, en consecuencia, se propusieron medidas para su prevención y mitigación. Las medidas fueron validadas por la autoridad en las autorizaciones de impacto ambiental y de cambio de uso del suelo otorgadas, y han sido ejecutadas por la empresa. Además, en esta MIA-R se proponen medidas de mitigación adecuadas y suficientes, para los impactos ambientales de las nuevas actividades que se proponen.

- Como parte de los estudios realizados para obtener la autorización de cambio de uso de suelo de algunos componentes del proyecto, se realizó el análisis y la valoración de los servicios ambientales del área. Con base en dicha valoración, se propusieron medidas, que han sido ejecutadas, encaminadas a reducir, mitigar, atenuar o, en su caso, eliminar los efectos adversos de las actividades y obras mineras sobre los servicios ambientales del sitio. Con el estudio realizado para solicitar el cambio de uso de suelo de terrenos forestales de la nueva obra del proyecto, se proponen también medidas de mitigación adicionales.
- Aunque el proyecto integra tres unidades mineras, ocupa la superficie mínima suficiente para desarrollar sus operaciones de manera segura. La remoción de vegetación se ha ajustado a la superficie previamente autorizada para el cambio de uso de suelo de terrenos forestales.
- Antes de la preparación del sitio para la conformación de la nueva área de depósito de tepetate, se ejecutarán labores de recuperación de individuos de especies en riesgo. Los individuos de fauna recuperados se relocalizarán en sitios sin afectación y los de flora se conservarán en el vivero de la empresa.
- La empresa realiza el monitoreo permanente de la calidad del agua de sus procesos, descargas y varios sitios en las inmediaciones de sus operaciones.
- Como parte de su modelo de gestión ambiental, Compañía Minera Autlán desarrolla un Plan de Manejo Ambiental en sus instalaciones, el cual agrupa numerosos programas orientados al cuidado del medio ambiente. Entre ellos destacan los siguientes:
    - Programa de Cultura del Agua.
    - Programa de Reciclaje de Agua.
    - Programa de Manejo de Agua Pluvial.
    - Programa de Control de Escorrentías.
    - Programa de Protección de Flora y Fauna.
    - Programa de Rescate de Especies.
    - Programa de Reforestación.
    - Programa de Vigilancia Ambiental.
    - Programa de Vigilancia Ambiental Participativa.
    - Programa de Monitoreo de la Calidad del Aire.
    - Programa de Monitoreo de la Calidad del Agua.
- La empresa opera con una política de responsabilidad social corporativa e implementa múltiples programas sociales encaminados al desarrollo e inclusión social, y el desarrollo de capacidades en las comunidades vecinas.
- Al concluir la vida útil de las operaciones, se desarrollará un Plan de Cierre y Restauración orientado a la recuperación de la vegetación nativa y la vocación del suelo.

### III.3.2. Programa de Ordenamiento Ecológico Territorial del Estado de Hidalgo

El Programa de Ordenamiento Ecológico Territorial del Estado de Hidalgo (POETEH ) fue expedido mediante decreto publicado en el Periódico Oficial del Estado de Hidalgo del 25 de febrero de 2022. Este instrumento tiene como

propósito regular y orientar el uso del suelo y las actividades productivas en la entidad, en función de la capacidad de los ecosistemas, promoviendo el equilibrio entre el desarrollo socioeconómico y la conservación del medio ambiente.

Según el POETEH, el estado de Hidalgo se divide en 11 zonas ecológicas y un total de 1,077 Unidades de Gestión Ambiental (UGA's). Cada zona ecológica agrupa varias UGA's que comparten atributos similares en términos de su clima, topografía, biodiversidad y uso del suelo. A cada UGA el programa asigna una política ambiental, usos del suelo, criterios de regulación ecológica y estrategias ecológicas. Esta clasificación permite implementar estrategias de desarrollo y conservación adaptadas a las particularidades de cada región, promoviendo un equilibrio entre el crecimiento económico y la preservación ambiental.

Dada la naturaleza del POETEH como instrumento de planeación y regulación, y teniendo en cuenta que el Proyecto **DMA** integra obras y áreas existentes (previas a la promulgación de la LGEEPA y autorizadas), así como nuevas áreas y actividades, el análisis que se expone a continuación está referido exclusivamente a estas últimas (Tepetatera Guadalupe, áreas verdes, área propuesta para un relleno sanitario, áreas de interés de exploración y áreas de evaluación geológica), que en su conjunto corresponden a 50 polígonos del proyecto.

La incidencia territorial de las nuevas áreas en la zonificación por unidades de gestión ambiental del POETEH se muestra en la Tabla III.19.

*Tabla III.19 Incidencia territorial de las nuevas obras en la zonificación por UGA's del POETEH*

| ID polígono | Área o actividad | UGA | Política | Usos del suelo (1) | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | Existentes | Condicionados | Incompatibles 1 | Incompatibles 2 |
| **Áreas nuevas** | | | | | | | |
| 5.2 | Tepetatera Guadalupe | UGA-2013 | Aprovechamiento-Conservación | Zonas agropecuarias, Bosque Mesófilo de Montaña | Infraestructura (2) | | |
| | | UGA-2024 | Aprovechamiento-Restauración | Zonas agropecuarias, Veg. Secundaria | Infraestructura (2) | | Minería metálica |
| | | UGA-2015 | Aprovechamiento-Restauración | Banco de materiales, Veg. Secundaria | Infraestructura (2) | | |
| 4.5 | Relleno sanitario | UGA-2132 | Aprovechamiento-Restauración | Agricultura, Veg. Secundaria | Infraestructura (2) | | |
| **Áreas de Interés de Exploración** | | | | | | | |
| 1 | Júpiter | UGA-1891 | Aprovechamiento-Restauración | Zonas agropecuarias, Veg. Secundaria | Minería metálica (3) | | |
| | | UGA-1884 | Conservación-Restauración | Bisque de Pino-Encino, Veg, Secundaria | Minería metálica | | |
| 2 | Nonoalco | UGA-1891 | Aprovechamiento-Restauración | Zonas agropecuarias, Veg. Secundaria | Minería metálica | | |
| | | UGA-1847 | Aprovechamiento | Banco de materiales, Asentamiento humano | Minería metálica | | |
| | | UGA-1818 | Aprovechamiento-Conservación | Bosque de encino, Zona agropecuaria | Minería metálica | | |
| | | UGA-1884 | Conservación-Restauración | Bisque de Pino-Encino, Veg, Secundaria | Minería metálica | | |
| 3 | Puma | UGA-1891 | Aprovechamiento-Restauración | Zonas agropecuarias, Veg. Secundaria | Minería metálica | | |
| | | UGA-1884 | Conservación-Restauración | Bisque de Pino-Encino, Veg, Secundaria | Minería metálica | | |
| | | UGA-1818 | Aprovechamiento-Conservación | Bosque de encino, Zona agropecuaria | Minería metálica | | |
| 4 | Naopa NW (Noru) | UGA-2013 | Aprovechamiento-Conservación | Zonas agropecuarias, Bosque Mesófilo de Montaña | Minería metálica | | |
| | | UGA-2006 | Aprovechamiento-Restauración | Zonas agropecuarias, Veg. Secundaria | Minería metálica | | |
| | | UGA-2015 | Aprovechamiento-Restauración | Banco de materiales, Veg. Secundaria | Minería metálica | | |
| 5 | Toltecas | UGA-2251 | Aprovechamiento-Conservación | Selva alta perennifolia, Zonas agropecuarias | Minería metálica | | |
| | | UGA-2236 | Aprovechamiento-Conservación | Bosque Mesófilo de Montaña, Agricultura | Minería metálica | | |
| | | UGA-2373 | Aprovechamiento | Cuerpo de agua | Minería metálica | | |
| 6 | Jiadi | UGA-2239 | Aprovechamiento-Conservación | Selva alta perennifolia, Agricultura | Minería metálica | | |
| | | UGA-2245 | Protección | Selva alta perennifolia | Minería metálica | | |
| | | UGA-2232 | Aprovechamiento-Restauración | Selva alta perennifolia, Zonas agropecuarias | Minería metálica | | |
| | | UGA-2251 | Aprovechamiento-Conservación | Selva alta perennifolia, Zonas agropecuarias | Minería metálica | | |
| | | UGA-2236 | Aprovechamiento-Conservación | Bosque Mesófilo de Montaña, Agricultura | Minería metálica | | |
| | | UGA-2373 | Aprovechamiento | Cuerpo de agua | Minería metálica | | |
| 7 | Gama | UGA-2226 | Aprovechamiento-Restauración | Zonas agropecuarias, Veg. Secundaria | Minería metálica | | |

| ID polígono | Área o actividad | UGA | Política | Usos del suelo (1) | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | Existentes | Condicionados | Incompatibles 1 | Incompatibles 2 |
| | | UGA-2216 | Conservación | Bosque Mesófilo de Montaña | Minería metálica | | |
| | | UGA-2244 | Aprovechamiento-Conservación | Selva alta perennifolia, Agricultura | Minería metálica | | |
| 8 | Gama II | UGA-2190 | Aprovechamiento-Restauración | Zonas agropecuarias, Veg. Secundaria | Minería metálica | | |
| | | UGA-2215 | Aprovechamiento-Restauración | Zonas agropecuarias, Veg. Secundaria | Minería metálica | | |
| | | UGA-2216 | Conservación | Bosque Mesófilo de Montaña | Minería metálica | | |
| 9 | Alfa 1 | UGA-2181 | Aprovechamiento-Conservación | Bosque Mesófilo de Montaña, Zonas agropecuarias | Minería metálica | | |
| | | UGA-2183 | Aprovechamiento-Conservación | Bosque Mesófilo de Montaña, Agricultura de temporal | Minería metálica | | |
| | | UGA-2226 | Aprovechamiento-Restauración | Zonas agropecuarias, Veg. Secundaria | Minería metálica | | |
| | | UGA-2157 | Aprovechamiento-Conservación | Agricultura, Bosque Mesófilo de Montaña | Minería metálica | | |
| 10 | Beta | UGA-2190 | Aprovechamiento-Restauración | Zonas agropecuarias, Veg. Secundaria | Minería metálica | | |
| | | UGA-2181 | Aprovechamiento-Conservación | Bosque Mesófilo de Montaña, Zonas agropecuarias | Minería metálica | | |
| | | UGA-2226 | Aprovechamiento-Restauración | Zonas agropecuarias, Veg. Secundaria | Minería metálica | | |
| | | UGA-2216 | Conservación | Bosque Mesófilo de Montaña | Minería metálica | | |
| 11 | San Antonio | UGA-2181 | Aprovechamiento-Conservación | Bosque Mesófilo de Montaña, Zonas agropecuarias | Minería metálica | | |
| | | UGA-2157 | Aprovechamiento-Conservación | Agricultura, Bosque Mesófilo de Montaña | Minería metálica | | |
| | | UGA-2190 | Aprovechamiento-Restauración | Zonas agropecuarias, Veg. Secundaria | Minería metálica | | |
| | | UGA-2132 | Aprovechamiento-Restauración | Agricultura, Veg. Secundaria | Minería metálica | | |
| | | UGA-2146 | Aprovechamiento-Conservación | Selva alta perennifolia, zonas agropecuarias | Minería metálica | | |
| 12 | Coyoles | UGA-2132 | Aprovechamiento-Restauración | Agricultura, Veg. Secundaria | Minería metálica | | |
| | | UGA-2137 | Aprovechamiento | Banco de materiales | Minería metálica | | |
| | | UGA-2114 | Aprovechamiento-Conservación | Bosque Mesófilo de Montaña, Zonas agropecuarias | Minería metálica | | |
| | | UGA-2083 | Conservación-Restauración | Bosque Mesófilo de Montaña, Veg. Secundaria | Minería metálica | | |
| | | UGA.2109 | Conservación | Vegetación riparia, Cuerpo de agua | | | Minería metálica |
| 13 | Flanco NE | UGA-2146 | Aprovechamiento-Conservación | Selva alta perennifolia, zonas agropecuarias | Minería metálica | | |
| 14 | Flanco SW | UGA-2146 | Aprovechamiento-Conservación | Selva alta perennifolia, zonas agropecuarias | Minería metálica | | |
| 14 | Flanco SW II | UGA-2146 | Aprovechamiento-Conservación | Selva alta perennifolia, zonas agropecuarias | Minería metálica | | |
| | | UGA-2372 | Aprovechamiento | Asentamiento humano, zonas agropecuarias | Minería metálica | | |
| 16 | San Bernardo | UGA-2006 | Aprovechamiento-Restauración | Zonas agropecuarias, Veg. Secundaria | Minería metálica | | |
| | | UGA-1984 | Aprovechamiento-Restauración | Agricultura, Veg. Secundaria | Minería metálica | | |
| | | UGA-2013 | Aprovechamiento-Conservación | Zonas agropecuarias, Bosque Mesófilo de Montaña | Minería metálica | | |

| ID polígono | Área o actividad | UGA | Política | Usos del suelo (1) | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | Existentes | Condicionados | Incompatibles 1 | Incompatibles 2 |
| | | UGA-1985 | Aprovechamiento-Conservación | Bosque Mesófilo de Montaña, Zonas agropecuarias | Minería metálica | | |
| | | UGA-1978 | Aprovechamiento-Restauración | Zonas agropecuarias, Veg. Secundaria | Minería metálica | | |
| 17 | Ixmolintla | UGA-1891 | Aprovechamiento-Restauración | Zonas agropecuarias, Veg. Secundaria | Minería metálica | | |
| | | UGA-1884 | Conservación-Restauración | Bosque de pino encino, Veg. Secundaria | Minería metálica | | |
| 18 | Alfa | UGA-2183 | Aprovechamiento-Conservación | Bosque Mesófilo de Montaña, Agricultura | Minería metálica | | |
| | | UGA-2226 | Aprovechamiento-Restauración | Zonas agropecuarias, Veg. Secundaria | Minería metálica | | |
| | | UGA-2236 | Aprovechamiento-Conservación | Bosque Mesófilo de Montaña, Agricultura | Minería metálica | | |
| | | UGA-2239 | Aprovechamiento-Conservación | Selva Alta Perennifolia, Agricultura | Minería metálica | | |
| | | UGA-2181 | Aprovechamiento-Conservación | Bosque Mesófilo de Montaña, Zonas agropecuarias | Minería metálica | | |
| | | UGA-2373 | Aprovechamiento | Cuerpo de agua | Minería metálica | | |
| | | UGA-2157 | Aprovechamiento-Conservación | Agricultura, Bosque Mesófilo de Montaña | Minería metálica | | |
| 18 | San Judas | UGA-2132 | Aprovechamiento-Restauración | Agricultura, Veg. Secundaria | Minería metálica | | |
| | | UGA-2157 | Aprovechamiento-Conservación | Agricultura, Bosque Mesófilo de Montaña | Minería metálica | | |
| | | UGA-2183 | Aprovechamiento-Conservación | Bosque Mesófilo de Montaña, Agricultura | Minería metálica | | |
| | | UGA-2137 | Aprovechamiento | Banco de materiales | Minería metálica | | |
| 20 | Jalamelco | UGA-1966 | Aprovechamiento-Conservación | Bosque Mesófilo de Montaña, Zonas agropecuarias | Minería metálica | | |
| | | UGA-1978 | Aprovechamiento-Restauración | Zonas agropecuarias, Veg. Secundaria | Minería metálica | | |
| | | UGA-1982 | Aprovechamiento-Conservación | Zonas agropecuarias, Bosque Mesófilo de Montaña | Minería metálica | | |
| | | UGA-1945 | Conservación | Bosque Mesófilo de Montaña | Minería metálica | | |
| 21 | Xochicoatlán | UGA-1945 | Conservación | Bosque Mesófilo de Montaña | Minería metálica | | |
| | | UGA-1966 | Aprovechamiento-Conservación | Bosque Mesófilo de Montaña, Zonas agropecuarias | Minería metálica | | |
| | | UGA-1933 | Aprovechamiento-Restauración | Zonas agropecuarias, Veg. Secundaria | Minería metálica | | |
| 22 | El Lucero | UGA-1956 | Aprovechamiento-Conservación | Bosque Mesófilo de Montaña, Zonas agropecuarias | Minería metálica | | |
| | | UGA-1891 | Aprovechamiento-Restauración | Zonas agropecuarias, Veg. Secundaria | Minería metálica | | |
| 23 | Zeta | UGA-1891 | Aprovechamiento-Restauración | Zonas agropecuarias, Veg. Secundaria | Minería metálica | | |
| | | UGA-1884 | Conservación-Restauración | Bosque de pino encino, Veg. Secundaria | Minería metálica | | |
| 24 | San Judas Norte | UGA-2157 | Aprovechamiento-Conservación | Agricultura, Bosque Mesófilo de Montaña | Minería metálica | | |
| | | UGA-2183 | Aprovechamiento-Conservación | Bosque Mesófilo de Montaña, Agricultura | Minería metálica | | |
| | | UGA-2132 | Aprovechamiento-Restauración | Agricultura, Veg. Secundaria | Minería metálica | | |
| 25 | San Judas Oeste | UGA-2183 | Aprovechamiento-Conservación | Bosque Mesófilo de Montaña, Agricultura | Minería metálica | | |

| ID polígono | Área o actividad | UGA | Política | Usos del suelo (1) | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | Existentes | Condicionados | Incompatibles 1 | Incompatibles 2 |
| | | UGA-2372 | Aprovechamiento | Asentamiento humano, zonas agropecuarias | Minería metálica | | |
| | | UGA-2132 | Aprovechamiento-Restauración | Agricultura, Veg. Secundaria | Minería metálica | | |
| 26 | Tlatelpingo | UGA-2083 | Conservación-Restauración | Bosque Mesófilo de Montaña, Veg. Secundaria | Minería metálica | | |
| | | UGA-2098 | Aprovechamiento-Conservación | Zonas agropecuarias, Bosque Mesófilo de Montaña | Minería metálica | | |
| | | UGA-2082 | Conservación-Restauración | Bosque Mesófilo de Montaña, Veg. Secundaria | Minería metálica | | |
| **Áreas de Evaluación Geológica (AEG)** | | | | | | | |
| 4.1 | AEG Zona 300 | UGA-2132 | Aprovechamiento-Restauración | Agricultura, Veg. Secundaria | Minería metálica | | |
| 4.3 | AEG Crisolco 1 | UGA-2157 | Aprovechamiento-Conservación | Agricultura, Bosque Mesófilo de Montaña | Minería metálica | | |
| | | UGA-2132 | Aprovechamiento-Restauración | Agricultura, Veg. Secundaria | Minería metálica | | |
| 4.4 | AEG Crisolco 2 | UGA-2157 | Aprovechamiento-Conservación | Agricultura, Bosque Mesófilo de Montaña | Minería metálica | | |
| | | UGA-2132 | Aprovechamiento-Restauración | Agricultura, Veg. Secundaria | Minería metálica | | |
| 6.A.51 | AEG Jalamelco | UGA-1966 | Aprovechamiento-Conservación | Bosque Mesófilo de Montaña, Zonas agropecuarias | Minería metálica | | |
| | | UGA-1945 | Conservación | Bosque Mesófilo de Montaña | Minería metálica | | |
| 6.B.52 | AEG El Lucero | UGA-1891 | Aprovechamiento-Restauración | Zonas agropecuarias, Veg. Secundaria | Minería metálica | | |
| | | UGA-1956 | Aprovechamiento-Conservación | Bosque Mesófilo de Montaña, Zonas agropecuarias | Minería metálica | | |
| 6.C.53 | AEG Ocotitla | UGA-1891 | Aprovechamiento-Restauración | Zonas agropecuarias, Veg. Secundaria | Minería metálica | | |
| 6.D.54 | AEG Yatitla | UGA-1891 | Aprovechamiento-Restauración | Zonas agropecuarias, Veg. Secundaria | Minería metálica | | |
| 6.E.55 | AEG Mina La Colmena | UGA-1891 | Aprovechamiento-Restauración | Zonas agropecuarias, Veg. Secundaria | Minería metálica | | |
| | | UGA-1884 | Conservación-Restauración | Bosque de pino encino, Veg. Secundaria | Minería metálica | | |
| 6.F.56 | AEG Mina Vieja | UGA-1884 | Conservación-Restauración | Bosque de pino encino, Veg. Secundaria | Minería metálica | | |
| 6,G.57 | AEG Ocote Tierno | UGA-1884 | Conservación-Restauración | Bosque de pino encino, Veg. Secundaria | Minería metálica | | |
| 6.H.58 | AEG Malila 1 | UGA-1891 | Aprovechamiento-Restauración | Zonas agropecuarias, Veg. Secundaria | Minería metálica | | |
| 6.I.59 | AEG Cajón Malila | UGA-1891 | Aprovechamiento-Restauración | Zonas agropecuarias, Veg. Secundaria | Minería metálica | | |
| 6.J.60 | AEG Presas Malila 3 | UGA-1891 | Aprovechamiento-Restauración | Zonas agropecuarias, Veg. Secundaria | Minería metálica | | |
| 5.K.61 | AEG Presas Malila 2 | UGA-1891 | Aprovechamiento-Restauración | Zonas agropecuarias, Veg. Secundaria | Minería metálica | | |
| 6.L.62 | AEG Proyecto Júpiter | UGA-1884 | Conservación-Restauración | Bosque de pino encino, Veg. Secundaria | Minería metálica | | |
| | | UGA-1891 | Aprovechamiento-Restauración | Zonas agropecuarias, Veg. Secundaria | Minería metálica | | |
| 6.M.63 | AEG Tepeolo | UGA-1884 | Conservación-Restauración | Bosque de pino encino, Veg. Secundaria | Minería metálica | | |
| | | UGA-1891 | Aprovechamiento-Restauración | Zonas agropecuarias, Veg. Secundaria | Minería metálica | | |
| 6.Ñ.65 | AEG Propiedad privada | UGA-1891 | Aprovechamiento-Restauración | Zonas agropecuarias, Veg. Secundaria | Minería metálica | | |

| ID polígono | Área o actividad | UGA | Política | Usos del suelo (1) | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | Existentes | Condicionados | Incompatibles 1 | Incompatibles 2 |
| 6.O.66 | AEG Sur de la Chorrera | UGA-1891 | Aprovechamiento-Restauración | Zonas agropecuarias, Veg. Secundaria | Minería metálica | | |
| **Áreas Verdes (AV)** | | | | | | | |
| 5.12 | AV 4 | UGA-2024 | Aprovechamiento-Restauración | Zonas agropecuarias, Veg. Secundaria | Conservación | | |
| | | UGA-2013 | Aprovechamiento-Conservación | Zonas agropecuarias, Bosque Mesófilo de Montaña | Conservación | | |
| 5.13 | AV 3 | UGA-2013 | Aprovechamiento-Conservación | Zonas agropecuarias, Bosque Mesófilo de Montaña | Conservación | | |
| 5.14 | AV 6 | UGA-2013 | Aprovechamiento-Conservación | Zonas agropecuarias, Bosque Mesófilo de Montaña | Conservación | | |
| | | UGA-2015 | Aprovechamiento-Restauración | Banco de materiales, Veg. Secundaria | Conservación | | |
| | | UGA-2006 | Aprovechamiento-Restauración | Zonas agropecuarias, Veg. Secundaria | Conservación | | |
| 5.A.15 | AV 5 | UGA-2013 | Aprovechamiento-Conservación | Zonas agropecuarias, Bosque Mesófilo de Montaña | Conservación | | |

(1): En los usos condicionados y compatibles se identifica sólo la compatibilidad del uso pretendido.

(2): Conforme al POETEH el uso de Infraestructura incluye la construcción y operación de sitios para el manejo y/o disposición final de residuos mineros.

(3): El POETEH define el uso de Minería Metálica como la extracción de materiales metálicos. Aun cuando la Exploración y Evaluación Geológica no implican el aprovechamiento de minerales, se emplea el concepto ante la ausencia de uno que defina la actividad.

Se resaltan en rojo los polígonos con incompatibilidad de uso de suelo.

Al analizar la tabla anterior (Tabla III.19), se aprecia lo siguiente:

a. **De los 50 polígonos del proyecto que corresponden a nuevas áreas o actividades, sólo el polígono del Área de Exploración Coyoles tiene una fracción de terreno en la que el uso de suelo de minería metálica es incompatible.**
b. **En los cuatro polígonos de Áreas Verdes el uso propuesto es compatible.**
c. **En los 45 polígonos restantes el uso de minería metálica al que se asocian las áreas o actividades es compatible (condicionado). Ello significa, conforme a la definición del programa, que pueden llevarse a cabo siempre que se sujeten a condicionantes que impidan el deterioro del área. Tales condicionantes han sido internalizadas por la empresa en las medidas de prevención y mitigación de impactos ambientales que se proponen en esta MIA-R.**

El POETEH define las políticas ambientales como:

> ***Aprovechamiento:*** *se aplica a áreas con elevada aptitud productiva actual o potencial para varias actividades productivas, entre ellas el desarrollo urbano y las actividades agrícolas, pecuarias, turísticas e industriales. Se propone para estas UGA una reorientación de la forma actual de uso y aprovechamiento de los recursos naturales que propicie la diversificación y sustentabilidad y que no impacte negativamente el medio ambiente.*
>
> ***Conservación:*** *dirigida a áreas con elevada biodiversidad e importantes bienes y servicios ambientales que actualmente se encuentran bajo algún tipo de aprovechamiento. De esta forma se intenta reorientar la actividad productiva con un aprovechamiento sustentable de los recursos naturales, garantizando la continuidad de los ecosistemas y reduciendo o anulando la presión sobre de ellos.*
>
> ***Aprovechamiento-Conservación:*** *se aplica a zonas agrícolas y fragmentos de vegetación de bosque o matorral en condiciones óptimas para su conservación, por lo que es necesaria la implementación de esta política para mejorar su productividad en zonas de baja pendiente y conservar la biodiversidad y las funciones ecológicas del ecosistema, permitiendo el aprovechamiento sustentable de los recursos naturales en beneficio de los poseedores de la tierra, evitando la disminución del capital natural.*
>
> ***Aprovechamiento-Restauración:*** *dirigida a áreas agrícolas, en medio de las cuales se encuentran fragmentos de vegetación de bosque o matorral perturbados o actividades agropecuarias desarrollándose en predios con vocación forestal. Debido a la elevada erosión potencial y a menudo a la baja rentabilidad de la agricultura, es conveniente restaurar aquellas UGA que cuenten con esta política.*
>
> ***Conservación-Restauración:*** *se asigna a áreas que presentan una elevada biodiversidad e importantes bienes y servicios ambientales, y sin embargo cuentan con zonas con algún grado de perturbación o alteración. Por lo tanto, en estas UGA resulta importante conservar la biodiversidad y las funciones ecológicas del ecosistema, permitiendo el aprovechamiento sustentable de los recursos naturales a beneficio de los poseedores de la tierra, evitando la disminución del capital natural, pero generando los mecanismos necesarios para la recuperación de las zonas degradadas, disminuyendo la fragmentación de los ecosistemas y recuperando los servicios ecosistémicos y la biodiversidad.*
>
> ***Protección:*** *se asigna a áreas con elevada biodiversidad e importantes bienes y servicios ambientales. Se necesita reorientar la actividad productiva con un aprovechamiento sustentable de los recursos naturales, garantizando la continuidad de los ecosistemas y reduciendo o anulando la presión sobre de ellos. Se fomenta en ciertas áreas la actividad forestal para la extracción de productos maderables y no maderables.*

Los conceptos de compatibilidad de usos del suelo son establecidos por el programa de la siguiente manera:

***Uso***
***Condicionado:*** *es el uso de suelo que se puede llevar a cabo en un área con peculiaridades edafológicas concretas, pero que corresponderá estar sujeto a condicionantes de uso, que impida su deterioro provocado por la pérdida de su estructura y funcionalidad.*

***Uso Incompatible:*** *uso del terreno que genera conflicto ambiental y/o sectorial. Esto debido a que compite con otros usos por recursos, es decir, disminuye la capacidad de desarrollo de otros usos. Es el uso que puede perturbar las situaciones estructurales y funcionales de un suelo debido a que no se respeta la vocación de este y puede inducir su erosión deterioro, contaminación o eliminación por arrastre o transporte no controlado.*

En cuanto a los usos del suelo, el POETEH define:

***Minería metálica:*** *aprovechamiento del suelo y subsuelo para la extracción de materiales metálicos, con regulación de las autoridades federales y disposiciones legales correspondientes, así como con responsabilidad social y ambiental.*

***Infraestructura:*** *(…) Aprovechamiento del suelo dentro y fuera de los centros de población para la construcción y operación de infraestructura para el manejo, procesamiento y/o disposición final de todo tipo de residuos (urbanos, industriales, mineros, biológicos, residuos de manejo especial, etc. ),*

### III.3.2.1. Análisis de incompatibilidades

El análisis espacial de la incidencia del proyecto en la zonificación del POETEH, muestra que el polígono del Áreas de Exploración Coyoles incide en una UGA (2109) en donde la minería metálica es incompatible. Esa incompatibilidad, sin embargo, es parcial con respecto al área total del polígono, ya que afecta sólo una fracción de su superficie. El uso en la superficie restante del polígono es compatible (condicionado).

En la UGA-2109, que incluye una pequeña fracción del Área de Exploración Coyoles, hay 3.3021 ha de superficie incompatible, lo que representa el 3.60 % de la superficie de la UGA y el 0.08 % del área de exploración. Estas 3.3021 ha corresponden a un curso de agua y su vegetación riparia que quedan inmersos en el polígono, pero que no serán afectados por las actividades (Tabla III.20).

*Tabla III.20 Incompatibilidades de uso de suelo de las nuevas áreas del proyecto con respecto al POETEH*

| ID polígono | Área o actividad | UGA | Usos del suelo (1) | | Superficie de incompatibilidad (ha) | Proporción de la UGA incompatible (%) | Proporción del polígono incompatible (%) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | Condicionados | Incompatibles | | | |
| 12 | Área de Exploración Coyoles (432.7500 ha) | 2132 | Minería metálica | | | | |
| | | 2137 | Minería metálica | | | | |
| | | 2114 | Minería metálica | | | | |
| | | 2083 | Minería metálica | | | | |
| | | **2109** | | **Minería metálica** | **3.3021** | **3.60** | **0.08** |

Además, es importante señalar que la incompatibilidad se refiere al uso del suelo para minería metálica, ya que el programa no incluye en su tipología de usos la exploración o prospección minera, que corresponde a las actividades previstas en este polígono.

**Teniendo en cuenta que la exploración que pretende realizarse no constituye un aprovechamiento del suelo o extracción minera, y que las actividades de barrenación son puntuales, no incidirán en el curso de agua ni la vegetación riparia, y no inducen la erosión, deterioro, contaminación o eliminación del suelo, como para ser**

**consideradas**
**incompatibles, se valora que su realización no se contrapone con los objetivos de la política de Conservación asignada a la UGA-2109.**

La caracterización de esta UGA se expone en la Tabla III.21.

*Tabla III.21 Caracterización, política, usos del suelo, criterios y estrategias del POETEH para la UGA-2109*

| UGA-2109 | |
|---|---|
| Polígono de incidencia: Área de Exploración Coyoles<br>Superficie de incidencia: 3.3021ha | |
| **Región:** | Sierra |
| **Política:** | Conservación |
| **Superficie:** | 91.7 ha |
| **Riesgos Ambientales:** | Sin riesgo de caídos, derrumbes, deslizamientos, heladas, ni hundimientos.<br>Riesgo bajo de tormentas.<br>Riesgo medio de erosión e inundaciones. |
| **Aptitud Secotrial:** | No apta para agricultura, asentamientos humanos, ganadería e industria.<br>Aptitud baja para parques eólicos.<br>Aptitud media para actividad forestal.<br>Aptitud alta para conservación, infraestructura lineal y puntual y turismo.<br>**Aptitud muy alta para minería** y acuicultura. |
| **Usos del suelo:** | Vegetación riparia (82.53 ha), Cuerpo de agua (9.17 ha). |
| **Lineamientos:** | Los terrenos forestales (82.53 ha) se gestionan para el desarrollo de los sectores de: Conservación, Forestal no maderable, Infraestructura, Turismo de naturaleza, con la posibilidad de realizar cambios de uso de suelo en una superficie máxima de 16.506 ha para la creación de infraestructura para esos sectores y los necesarios para la prevención y manejo de incendios forestales y control de plagas forestales.<br>Se mantienen 9.17 ha de cuerpos de agua, con las fluctuaciones naturales en su superficie, derivadas del régimen anual de lluvias, donde se desarrolla el sector Acuícola. |
| **Usos condicionados:** | Acuícola, Conservación, Forestal no maderable, Infraestructura, Turismo de naturaleza. |
| **Usos incompatibles:** | Agrícola de riego, Agrícola de temporal, Asentamientos humanos, Energía eólica, Energía fotovoltaica, Forestal maderable, Ganadería, Industrial, Minería metálica, Minería no metálica, Turismo convencional. |
| **Criterios de Regulación Ecológica para Minería Metálica:** | No se asignan |
| **Estrategias Ecológicas para Minería Metálica:** | No se asignan |

## III.3.2.2. Criterios Ecológicos del POETEH aplicables a las nuevas áreas y actividades

### III.3.2.2.1. Tepetatera Guadalupe

La Tepetatera Guadalupe, por ser un depósito de residuos mineros (tepetate) se clasifica como infraestructura:

> ***Infraestructura:*** *(…) Aprovechamiento del suelo dentro y fuera de los centros de población para la construcción y operación de* ***infraestructura para el manejo****, procesamiento* ***y/o disposición final de*** *todo tipo de* ***residuos*** *(urbanos, industriales,* ***mineros****, biológicos, residuos de manejo especial, etc. ),*

El polígono de la tepetatera incide en tres unidades de gestión ambiental: UGA-2013, UGA-2024 y UGA-2015; la primera con política de Aprovechamiento-Restauración, y las otras con política de Aprovechamiento-Restauración.

El programa establece en las tres UGA's el uso de Infraestructura como uso compatible condicionado, y define una serie de lineamientos y criterios de regulación ecológica para dicho uso.

Los lineamientos y criterios de estas UGAS, que son aplicables a la Tepetatera Guadalupe, se exponen en la Tabla III.22, indicando, en cada caso, las acciones que realizará la empresa para cumplir con ellos.

*Tabla III.22 Lineamientos y criterios de regulación ecológica aplicables a la Tepetatera Guadalupe*

**Tepetatera Guadalupe**

**UGA-2013, UGA-2024, UGA-2015 y UGA-2132**

**Lineamientos**

**Los terrenos forestales se gestionan para el desarrollo de los sectores de** Conservación, Forestal maderable, Forestal no maderable, **Minería metálica** y Turismo de naturaleza, **con la posibilidad de realizar cambios de uso de suelo para la creación de infraestructura para esos sectores** y los necesarios para la prevención de incendios forestales y control de plagas forestales.

**En los terrenos preferentemente forestales y similares se gestionan los usos consuntivos presentes, con la posibilidad de realizar cambios de uso de suelo para el desarrollo de los sectores**; Agrícola de temporal, Conservación, Energía eólica, Forestal maderable, Forestal no maderable, Ganadería, **Infraestructura, Minería metálica** y Turismo de naturaleza, así como la construcción de su equipamiento asociado.

**Cumplimiento**

**Debido a que la tepetatera se localizaría en terrenos forestales, se ha elaborado el Estudio Técnico Justificativo que ordena la normatividad, para solicitar la autorización de cambio de uso de suelo en 37.9590 ha de terrenos forestales.**

La superficie máxima que definen las UGA's para realizar el cambio de uso de suelo de terrenos forestales, es:

| UGA | 1. Superficie forestal (ha) | 2. Superficie máxima de CUS (ha) | Ocupación de la tepetatera | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | Superficie (ha) | Porcentaje de la Superficie 2 (%) | Porcentaje de la Superficie 1 (%) |
| UGA-2013 | 691.3 | 138.26 | 29.128 | 21.06 | 4.21 |
| UGA-2015 | 34.8 | 6.96 | 0.171 | 2.45 | 0.49 |
| UGA-2024 | 559.3 | 111.86 | 8.661 | 7.74 | 1.55 |
| | | | **37.96** | | |

**Con los datos indicados en la tabla anterior, se aprecia que el desarrollo de la Tepetatera Guadalupe en el sitio propuesto es compatible con los lineamientos del POETEH, ya que se trata de un uso compatible condicionado (infraestructura) y el cambio de uso de suelo de terrenos forestales que se solicitará se ajusta a la superficie máxima que establecen las UGA's de incidencia.**

**Criterios de Regulación Ecológica aplicables**

**Infraestructura**

| Criterio | Vinculación y cumplimiento |
|---|---|
| **IF01:** Para la selección de sitio de una obra de infraestructura, se deberán considerar solamente terrenos preferentemente forestales. Si por excepción, la autoridad competente autoriza el cambio de uso de suelo para infraestructura en una UGA compuesta de terrenos forestales, se podrá cambiar el uso del suelo hasta un 20% de su superficie. El terreno forestal restante (80%) deberá estar sujeto a acciones de manejo permanentes que promuevan la conservación de las comunidades vegetales presentes, el manejo de hábitats de fauna silvestre y la reubicación de los ejemplares de especies vegetales provenientes del área desmontada, así como la minimización en la fragmentación de hábitats y los efectos de borde y relajación en la o las | La selección del sitio de la tepetatera considera como factores fundamentales su cercanía con el sitio de explotación y la naturaleza de los terrenos.<br>Para la conformación de la Tepetatera Guadalupe, Compañía Minera Autlán solicitará el cambio de uso de suelo de terrenos forestales en 37.9590 ha.<br>El polígono de la tepetatera incide en las UGA's 2013, 2015 y 2024. Como se aprecia en la tabla anterior, la superficie de incidencia en donde se solicitará autorización para el cambio de uso de suelo de terrenos forestales, es, en los tres casos, menor a la superficie máxima de CUS, a la superficie |

| Criterios de Regulación Ecológica aplicables | |
|---|---|
| teselas de vegetación remanente, así como el manejo de los hábitats para la mantener la conectividad ecológica. Las acciones de rehabilitación y manejo, enunciativas más no limitativas son:<br>▪ Disminución del riesgo por incendio (Creación de brechas contrafuego, retiro de biomasa vegetal muerta, etcétera).<br>▪ Erradicación de especies invasoras (determinadas por la CONABIO).<br>▪ Creación de infraestructura para la contención y estabilización de la erosión en concordancia con el tamaño y magnitud de las zonas erosionadas.<br>▪ Manejo de los hábitats para favorecer la presencia de las especies de fauna y flora nativas, con énfasis en las especies enlistadas en la NOM-059-SEMARNAT-2010.<br>▪ El área sin desmontar se ubicará preferentemente en la periferia del terreno forestal, permitiendo la continuidad de la vegetación con los predios adyacentes. | total de cada UGA y al criterio del 20 % de su superficie para el uso de infraestructura.<br>Adicionalmente, para favorecer la conservación del hábitat y sus especies, el proyecto integra acciones de compensación por la afectación de la vegetación forestal del predio, y también incluye medidas orientadas a la prevención y mitigación de impactos en las poblaciones de flora y fauna silvestre.<br>Algunas de las acciones son:<br>▪ El rescate y reubicación de individuos de flora y fauna silvestre, antes de la intervención del terreno.<br>▪ Rescate y conservación del suelo vegetal.<br>▪ Construcción de obras hidráulicas que aseguren la estabilidad del depósito y permitan mantener el flujo de los escurrimientos sin causar erosión.<br>▪ Los restos de la vegetación removida serán retirados, troceados e incorporados al suelo vegetal en conservación para su enriquecimiento. |
| **IF02:** En las UGA de terrenos preferentemente forestales que contemplen cambio de uso del suelo para infraestructura, se deberá reforestar el 20% de su superficie con especies nativas que estarán sujetos a acciones de manejo. Las acciones de manejo, enunciativas más no limitativas, son:<br>▪ Disminución del riesgo por incendio (Creación de brechas contrafuego, retiro de biomasa vegetal muerta, etcétera).<br>▪ Erradicación de especies invasoras (determinadas por la CONABIO).<br>▪ Creación de infraestructura para la contención y estabilización de la erosión en concordancia con su magnitud.<br>▪ Manejo de los hábitats para favorecer la presencia de las especies de fauna y flora nativas, con énfasis en las especies enlistadas en la NOM-059-SEMARNAT-2010.<br>▪ El área reforestada (con especies nativas) se ubicará preferentemente en la periferia del terreno, permitiendo la continuidad de la vegetación con los predios adyacentes. | La conformación de la tepetatera se realizará de manera gradual. Conforme se liberen áreas de depósito, éstas se someterán a un proceso de restauración que incluye su revegetación con especies nativas. |
| **IF03:** Los terrenos forestales remanentes, derivados de los cambios de uso del suelo que las autoridades competentes lleguen a aprobar, deberán estar sujetos a un manejo de hábitats por parte del promotor del proyecto durante su periodo de vigencia, incluyendo la etapa de construcción y adecuación del predio. Para tal efecto, se llevarán a cabo las siguientes acciones de manera enunciativa más no limitativa: se construirá infraestructura para la creación de refugios, sitios de anidamiento, retención y disponibilidad de agua para la fauna silvestre; se realizarán acciones de erradicación de especies invasoras; se darán cuidados para los ejemplares de especies vegetales que se reubiquen; se promoverá la reforestación con especies propias de los tipos de vegetación afectados. La reubicación deberá considerar, de manera enunciativa más no limitativa, los siguientes aspectos: ubicación de los ejemplares sujetos a ser replantados; identificación y preparación de los sitios donde se replantarán los ejemplares rescatados; extracción de ejemplares, secado y adición de plaguicidas y enraizadores a los ejemplares; replantación, riego y monitoreo. | En los terrenos forestales remanentes del cambio de uso de suelo que se autorice para la tepetatera, que sean propiedad de la empresa, se ejecutarán acciones de conservación y manejo, con el propósito de salvaguardar la integridad del ecosistema. |
| **IF04:** Los terrenos forestales que, por excepción, sean utilizados para la creación de proyectos de desarrollo o acordes a la vocación de la UGA, podrán incrementar la superficie autorizada de cambio de uso del suelo del 20% hasta en un máximo de un 80% de su superficie, por medio de la transferencia de derechos de desarrollo, provenientes de predios con terrenos forestales ubicados en la misma UGA, con una superficie equivalente a la superficie que se pretenda intervenir. Para tal efecto, los | Para la conformación de la Tepetatera Guadalupe, Compañía Minera Autlán solicitará el cambio de uso de suelo de terrenos forestales en 37.9590 ha. Dicha superficie se ajusta actualmente al criterio de CUS en el 20 % de la superficie de las UGA's. Sin embargo, en caso de que la empresa considerara la alternativa de incrementar la superficie, atenderá a los dispuesto por este criterio. |

| Criterios de Regulación Ecológica aplicables | |
|---|---|
| promotores del desarrollo deberán establecer los mecanismos de cesión de esos derechos con los dueños de los terrenos que no serán intervenidos. Los terrenos que cedan sus derechos de desarrollo deberán ser designados como Zonas sujetas voluntariamente a conservación de conformidad a Ley para la Protección al Ambiente del Estado de Hidalgo y demás disposiciones aplicables.<br>El 20% de terreno forestal del proyecto de desarrollo deberá estar sujeto a un manejo previamente avalado por la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales que considere, de manera enunciativa más no limitativa, los siguientes aspectos:<br>• Disminución del riesgo por incendio.<br>• Control de plagas.<br>• Erradicación de especies invasoras (determinadas por la CONABIO).<br>• Creación de infraestructura para la contención y estabilización de la erosión en concordancia con el tamaño y magnitud de las zonas erosionadas.<br>• Manejo de los hábitats para favorecer la presencia de las especies de fauna y flora nativas.<br>• El área sin desmontar se ubicará preferentemente en la periferia del terreno forestal, permitiendo la continuidad de la vegetación con los predios adyacentes. | |
| **IF06:** Las obras de infraestructura deberán ejecutar acciones de ingeniería para evitar, resistir o mitigar los riesgos naturales. | El diseño de la tepetatera considera la construcción de obras de control hidráulico que garanticen la estabilidad del depósito, y el flujo de los escurrimientos sin generar problemas de inestabilidad, erosión o contaminación del agua superficial. |
| **IF08:** Se permitirá la instalación de infraestructura siempre y cuando esta evite la reducción de zonas agrícolas y la promoción de nuevos centros de población. En el suelo no urbanizable estará prohibido dotar de obras y servicios de equipamiento con fines de desarrollo urbano. | La Tepetatera Guadalupe se localizará en terrenos de la unidad minera Naopa, en la que no se prevé el establecimiento de zonas habitacionales que impliquen la urbanización del suelo. |
| **IF09**: La construcción de infraestructura deberá evitar la reducción de la cobertura vegetal, la interrupción de corredores biológicos y flujos hidrológicos, la disminución de los servicios ecosistémicos y la fragmentación del paisaje. Las nuevas carreteras deberán contar con pasos de fauna para garantizar la continuidad entre las diferentes poblaciones animales, contemplando un diseño adecuado para garantizar el éxito de estos. | La conformación de la tepetatera requiere, necesariamente, de la remoción de la cobertura vegetal actual. No obstante, se consideran acciones de compensación por dicha afectación, que incluyen actividades de rescate y reubicación de flora y fauna silvestre, recuperación y conservación de suelo fértil, medidas de prevención de la erosión y contaminación del suelo y agua, así como el monitoreo a largo plazo.<br>El programa de rescate y reubicación de especies de flora que se implementará una vez que se autorice el CUS, incluye la repoblación vegetal de 38,000 individuos en una superficie de 38 ha con terrazas individuales. Con ello se recuperarán al año 4,560 toneladas de suelo y 299,603.89 $m^3$ de agua. |
| **IF10:** En la construcción y operación de cualquier tipo de infraestructura se debe contar con un adecuado almacenamiento de combustibles, lubricantes, grasas, aceites, pinturas u otras sustancias potencialmente contaminantes. Dicho almacenamiento debe evitar fugas, derrames y/o explosiones. | La unidad Naopa, a la que pertenece la nueva tepetatera, cuenta con instalaciones adecuadas para el adecuado almacenamiento de combustibles, lubricantes, grasas, aceites, pinturas u otras sustancias potencialmente contaminantes.<br>Los almacenes correspondientes han sido construidos con estrictas medidas para evitar fugas, derrames y explosiones. |
| **IF11:** En el desarrollo de los proyectos se debe realizar el aprovechamiento integral de los recursos naturales existentes en el sitio donde se pretenden establecer, por lo que se debe realizar la recuperación de tierra vegetal en las superficies autorizadas para el desmonte, se debe triturar el material vegetal producto del desplante y ambos se deben utilizar para la preparación de composta. | Dentro de las tareas para la conformación se la tepetatera se incluye la recuperación y conservación del suelo fértil en las áreas de CUS. El suelo es almacenado en un depósito de la unidad Naopa, para ser utilizado eventualmente en las labores de restauración final del sitio. |
| **IF12:** Durante la construcción de obras de infraestructura, se deberán desarrollar acciones de ingeniería para proteger las aguas subterráneas y superficiales, para prevenir su contaminación. | El diseño de la tepetatera incluye diversas obras hidráulicas que permitirán asegurar la estabilidad del depósito y prevenir la erosión y contaminación del agua.<br>Entre estas obras se encuentra la construcción de un canal superior, que permitirá regular el gasto proveniente del nivel más alto; un canal de |

| Criterios de Regulación Ecológica aplicables | |
|---|---|
| | desalojo, que recolectará el agua pluvial que se acumule en el depósito; un sistema de drenaje interno, que capturará y transportará el agua que se infiltre al depósito de manera rápida y eficiente; y un canal de cierre, cuya función será recolectar el agua pluvial y dirigirla hacia una estructura disipadora de energía en su punto de descarga.<br>Adicionalmente, en los sitios donde sea necesario, se instalarán sistemas de sedimentación a base de gaviones, para mitigar el aporte de sedimentos a los escurrimientos. |
| **IF13:** La construcción de caminos deberá contener canaletas que encaucen y recolecten el agua pluvial, de manera que posteriormente permitan la infiltración al subsuelo. | La construcción de los caminos de acarreo hacia la tepetatera se ajustará a los protocolos internos de la empresa, los cuales incluyen la habilitación de drenes laterales y estructuras de sedimentación. |
| **IF15:** Prevenir y en su caso controlar la contaminación atmosférica, sonora y lumínica generada por fuentes fijas y móviles que provengan de la construcción y operación de la infraestructura, según la normatividad vigente en la materia. | Las operaciones que realiza la unidad Naopa se sujetan a múltiples protocolos internos, entre los cuales se encuentran aquéllos orientados a minimizar la emisión de gases contaminantes y polvos de los camiones de acarreo. |

Es importante indicar que Compañía Minera Autlán consultó con la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales del estado de Hidalgo (SEMARNATH), respecto de la congruencia de la Tepetatera Guadalupe con el POETEH. Al respecto, dicha autoridad ambiental ratificó la congruencia del uso de suelo de esta área como **infraestructura para la disposición de material inerte** en las UGA's 2013, 2015 y 2024. Señalando, asimismo, la importancia de observar los criterios ecológicos IF01, IF05, IF06, IF10, IF11 e IF12, ya analizados anteriormente **(Anexo III.4)**.

#### III.3.2.2.2. Relleno sanitario

Conforme a las definiciones del POETEH, el Relleno Sanitario que pretende construirse se clasifica como una obra de infraestructura, destinada al manejo y disposición de residuos urbanos. Su polígono incide totalmente en la UGA-2132, la cual tiene asignada una política de Aprovechamiento-Restauración y un uso de suelo compatible condicionado para infraestructura.

Los lineamientos y criterios de esta UGA, que son aplicables al Relleno Sanitario, se exponen en la Tabla III.22, en la que se indican las acciones que realizará la empresa para cumplir con ellos.

*Tabla III.23 Lineamientos y criterios de regulación ecológica aplicables al Relleno Sanitario*

| Relleno Sanitario |
|---|
| UGA-2132 |
| |
| **Lineamientos** |
| Los terrenos forestales (223.3 ha) se gestionan para el desarrollo de los sectores de Conservación, Forestal maderable, **Minería metálica** y Turismo de naturaleza, con la posibilidad de realizar cambios de uso de suelo en una superficie máxima de 44.66 ha para la **creación de infraestructura para esos sectores** y los necesarios para la prevención de incendios forestales y control de plagas forestales.<br>En los terrenos preferentemente forestales y similares (893.3 ha) se gestionan los usos del suelo consuntivos presentes**, con la posibilidad de realizar cambios de uso de suelo para el desarrollo de los sectores** de: Agrícola de temporal, Conservación, Forestal maderable, Ganadería, **Infraestructura, Minería metálica** y Turismo de naturaleza, así como la construcción de vivienda rural y su infraestructura asociada a los centros de población existentes. |
| **Cumplimiento** |
| El relleno sanitario se ha proyectado en un polígono de 2.0 ha, situado en la unidad Molango, a menos de un kilómetro de distancia de la zona habitacional de la empresa, conocida como Colonia Guadalupe.<br>Actualmente se desarrollan los estudios y análisis pertinentes para formular el proyecto ejecutivo del relleno, considerando para ello todas las variables y lineamientos que indica la Norma Oficial Mexicana NOM-083-SEMARNAT-2003 y los criterios del POETEH. Una vez que se cuente con el proyecto ejecutivo correspondiente, se realizarán los estudios y trámites necesarios para obtener las autorizaciones de cambio de uso de suelo de terrenos forestales y de impacto ambiental. |

Debido a las dimensiones del polígono de la obra, ésta se ajusta a la superficie máxima de cambio de uso de suelo para infraestructura que indica el lineamiento:

| UGA | 1. Superficie forestal (ha) | 2. Superficie máxima de CUS (ha) | Ocupación del relleno sanitario | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | Superficie (ha) | Porcentaje de la Superficie 2 (%) | Porcentaje de la Superficie 1 (%) |
| UGA-2132 | 223.3 | 44.66 | 2.0000 | 4.48 | 0.89 |
| | | | **37.96** | | |

La construcción **del Relleno Sanitario en el sitio propuesto es compatible con los lineamientos del POETEH, ya que se trata de un uso compatible condicionado (infraestructura) y el cambio de uso de suelo de terrenos forestales que eventualmente se solicitará se ajusta a la superficie máxima que establece la UGA de incidencia.**

| Criterios de Regulación Ecológica aplicables | |
|---|---|
| **Infraestructura** | |
| **Criterio** | **Vinculación y cumplimiento** |
| **IF01:** Para la selección de sitio de una obra de infraestructura, se deberán considerar solamente terrenos preferentemente forestales. Si por excepción, la autoridad competente autoriza el cambio de uso de suelo para infraestructura en una UGA compuesta de terrenos forestales, se podrá cambiar el uso del suelo hasta un 20% de su superficie. El terreno forestal restante (80%) deberá estar sujeto a acciones de manejo permanentes que promuevan la conservación de las comunidades vegetales presentes, el manejo de hábitats de fauna silvestre y la reubicación de los ejemplares de especies vegetales provenientes del área desmontada, así como la minimización en la fragmentación de hábitats y los efectos de borde y relajación en la o las teselas de vegetación remanente, así como el manejo de los hábitats para la mantener la conectividad ecológica. Las acciones de rehabilitación y manejo, enunciativas más no limitativas son:<br>▪ Disminución del riesgo por incendio (Creación de brechas contrafuego, retiro de biomasa vegetal muerta, etcétera).<br>▪ Erradicación de especies invasoras (determinadas por la CONABIO).<br>▪ Creación de infraestructura para la contención y estabilización de la erosión en concordancia con el tamaño y magnitud de las zonas erosionadas.<br>▪ Manejo de los hábitats para favorecer la presencia de las especies de fauna y flora nativas, con énfasis en las especies enlistadas en la NOM-059-SEMARNAT-2010.<br>▪ El área sin desmontar se ubicará preferentemente en la periferia del terreno forestal, permitiendo la continuidad de la vegetación con los predios adyacentes. | Una vez que se realice el Estudio Técnico Justificativo del relleno sanitario podrá determinarse si su ubicación corresponde a terrenos forestales o preferentemente forestales.<br>En cualquier caso, la superficie de la obra representa sólo el 4.48 % de la superficie máxima de cambio de uso de suelo de la UGA, muy por debajo del 20 % que indica el criterio.<br>De conformidad con las especificaciones de protección ambiental para la selección del sitio, diseño y construcción, que establece la Norma Oficial Mexicana NOM-083-SEMARNAT-2003, que regula a los sitios de disposición final de residuos sólidos urbanos y de manejo especial, la obra incluirá medidas para evitar el deterioro del hábitat y poblaciones de flora y fauna silvestre.<br>Asimismo, el proyecto internalizará las medidas requeridas para evitar riesgos al entorno ambiental y a las personas; prevenir la erosión y otros impactos potenciales. |
| **IF02:** En las UGA de terrenos preferentemente forestales que contemplen cambio de uso del suelo para infraestructura, se deberá reforestar el 20% de su superficie con especies nativas que estarán sujetos a acciones de manejo. Las acciones de manejo, enunciativas más no limitativas, son:<br>▪ Disminución del riesgo por incendio (Creación de brechas contrafuego, retiro de biomasa vegetal muerta, etcétera).<br>▪ Erradicación de especies invasoras (determinadas por la CONABIO).<br>▪ Creación de infraestructura para la contención y estabilización de la erosión en concordancia con su magnitud.<br>▪ Manejo de los hábitats para favorecer la presencia de las especies de fauna y flora nativas, con énfasis en las especies enlistadas en la NOM-059-SEMARNAT-2010. | La construcción del relleno sanitario incluirá la reforestación de la mayor superficie libre del polígono, utilizando para ello ejemplares de especies nativas, que estarán sujetos a acciones de manejo y conservación. |

| Criterios de Regulación Ecológica aplicables | |
|---|---|
| ▪ El área reforestada (con especies nativas) se ubicará preferentemente en la periferia del terreno, permitiendo la continuidad de la vegetación con los predios adyacentes. | |
| **IF03:** Los terrenos forestales remanentes, derivados de los cambios de uso del suelo que las autoridades competentes lleguen a aprobar, deberán estar sujetos a un manejo de hábitats por parte del promotor del proyecto durante su periodo de vigencia, incluyendo la etapa de construcción y adecuación del predio. Para tal efecto, se llevarán a cabo las siguientes acciones de manera enunciativa más no limitativa: se construirá infraestructura para la creación de refugios, sitios de anidamiento, retención y disponibilidad de agua para la fauna silvestre; se realizarán acciones de erradicación de especies invasoras; se darán cuidados para los ejemplares de especies vegetales que se reubiquen; se promoverá la reforestación con especies propias de los tipos de vegetación afectados. La reubicación deberá considerar, de manera enunciativa más no limitativa, los siguientes aspectos: ubicación de los ejemplares sujetos a ser replantados; identificación y preparación de los sitios donde se replantarán los ejemplares rescatados; extracción de ejemplares, secado y adición de plaguicidas y enraizadores a los ejemplares; replantación, riego y monitoreo. | En los terrenos forestales remanentes del cambio de uso de suelo que se autorice para el relleno sanitario se ejecutarán acciones de conservación y manejo de hábitat, con el propósito de salvaguardar la integridad del ecosistema. |
| **IF04:** Los terrenos forestales que, por excepción, sean utilizados para la creación de proyectos de desarrollo o acordes a la vocación de la UGA, podrán incrementar la superficie autorizada de cambio de uso del suelo del 20% hasta en un máximo de un 80% de su superficie, por medio de la transferencia de derechos de desarrollo, provenientes de predios con terrenos forestales ubicados en la misma UGA, con una superficie equivalente a la superficie que se pretenda intervenir. Para tal efecto, los promotores del desarrollo deberán establecer los mecanismos de cesión de esos derechos con los dueños de los terrenos que no serán intervenidos. Los terrenos que cedan sus derechos de desarrollo deberán ser designados como Zonas sujetas voluntariamente a conservación de conformidad a Ley para la Protección al Ambiente del Estado de Hidalgo y demás disposiciones aplicables.<br>El 20% de terreno forestal del proyecto de desarrollo deberá estar sujeto a un manejo previamente avalado por la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales que considere, de manera enunciativa más no limitativa, los siguientes aspectos:<br>• Disminución del riesgo por incendio.<br>• Control de plagas.<br>• Erradicación de especies invasoras (determinadas por la CONABIO).<br>• Creación de infraestructura para la contención y estabilización de la erosión en concordancia con el tamaño y magnitud de las zonas erosionadas.<br>• Manejo de los hábitats para favorecer la presencia de las especies de fauna y flora nativas.<br>• El área sin desmontar se ubicará preferentemente en la periferia del terreno forestal, permitiendo la continuidad de la vegetación con los predios adyacentes. | La construcción del relleno sanitario únicamente requerirá del cambio de uso de suelo en 2.0000 ha. Dicha superficie se ajusta actualmente al criterio de CUS en el 20 % de la superficie de la UGA. Sin embargo, en caso de que la empresa considerara la alternativa de incrementar la superficie, atenderá a los dispuesto por este criterio. |
| **IF06:** Las obras de infraestructura deberán ejecutar acciones de ingeniería para evitar, resistir o mitigar los riesgos naturales. | El diseño del relleno sanitario considerará las obras o acciones necesarias para evitar, resistir o mitigar los riesgos naturales, tal como lo establece la NOM-083-SEMARNAT-2003. |
| **IF08:** Se permitirá la instalación de infraestructura siempre y cuando esta evite la reducción de zonas agrícolas y la promoción de nuevos centros de población. En el suelo no urbanizable estará prohibido dotar de obras y servicios de equipamiento con fines de desarrollo urbano. | El relleno sanitario se localizará en terrenos de la unidad minera Molango, en la que no se prevé el establecimiento de nuevas zonas habitacionales que impliquen la urbanización del suelo. |

| Criterios de Regulación Ecológica aplicables | |
|---|---|
| **IF09**: La construcción de infraestructura deberá evitar la reducción de la cobertura vegetal, la interrupción de corredores biológicos y flujos hidrológicos, la disminución de los servicios ecosistémicos y la fragmentación del paisaje. Las nuevas carreteras deberán contar con pasos de fauna para garantizar la continuidad entre las diferentes poblaciones animales, contemplando un diseño adecuado para garantizar el éxito de estos. | La construcción del relleno sanitario requerirá, necesariamente, la remoción de cobertura vegetal en una superficie aún no determinada. En su diseño se procurará la menor afectación posible de las áreas con vegetación.<br>Igualmente, en su construcción y operación se adoptarán medidas para minimizar la interrupción de corredores biológicos y flujos hidrológicos, la disminución de los servicios ecosistémicos y la fragmentación del paisaje. |
| **IF10:** En la construcción y operación de cualquier tipo de infraestructura se debe contar con un adecuado almacenamiento de combustibles, lubricantes, grasas, aceites, pinturas u otras sustancias potencialmente contaminantes. Dicho almacenamiento debe evitar fugas, derrames y/o explosiones. | La unidad Molango, a la que se integrará el relleno sanitario, cuenta con instalaciones adecuadas para el adecuado almacenamiento de combustibles, lubricantes, grasas, aceites, pinturas u otras sustancias potencialmente contaminantes.<br>Los almacenes correspondientes han sido construidos con estrictas medidas para evitar fugas, derrames y explosiones. |
| **IF11:** En el desarrollo de los proyectos se debe realizar el aprovechamiento integral de los recursos naturales existentes en el sitio donde se pretenden establecer, por lo que se debe realizar la recuperación de tierra vegetal en las superficies autorizadas para el desmonte, se debe triturar el material vegetal producto del desplante y ambos se deben utilizar para la preparación de composta. | Dentro de las actividades de preparación del sitio del relleno sanitario se incluirá la recuperación y conservación del suelo fértil en las áreas de intervención. El suelo será almacenado para ser utilizado eventualmente en las labores de restauración final del sitio. |
| **IF12:** Durante la construcción de obras de infraestructura, se deberán desarrollar acciones de ingeniería para proteger las aguas subterráneas y superficiales, para prevenir su contaminación. | El diseño del relleno sanitario incluirá las obras de ingeniería que sean necesarias para prevenir la contaminación del agua. |
| **IF13:** La construcción de caminos deberá contener canaletas que encaucen y recolecten el agua pluvial, de manera que posteriormente permitan la infiltración al subsuelo. | La construcción de los caminos se ajustará a los protocolos internos de la empresa, los cuales incluyen la habilitación de drenes laterales y estructuras de sedimentación. |
| **IF15:** Prevenir y en su caso controlar la contaminación atmosférica, sonora y lumínica generada por fuentes fijas y móviles que provengan de la construcción y operación de la infraestructura, según la normatividad vigente en la materia. | Durante la construcción, operación y mantenimiento del relleno sanitario se adoptarán las medidas y protocolos internos que permitan prevenir y minimizar la contaminación atmosférica, sonora y lumínica |
| **IF18** La construcción y la operación de las instalaciones destinadas a la disposición final de los residuos sólidos urbanos y de manejo especial, en rellenos sanitarios o en confinamientos controlados, deben prevenir la formación de lixiviados y la migración de éstos fuera de las celdas de confinamiento. | El diseño del relleno sanitario atenderá a las disposiciones de la NOM-083-SEMARNAT-2003, a efecto de controlar la formación de lixiviados y su migración fuera de las celdas de confinamiento. |
| **IF20:** La disposición final de residuos será limitada sólo a aquellos cuya revalorización, reciclaje o tratamiento no sea económicamente viable, tecnológicamente factible y ambientalmente adecuada. | El relleno sanitario proyectado estará destinado a la disposición final de residuos cuya revalorización, reciclaje o tratamiento no sea económicamente viable, tecnológicamente factible y ambientalmente adecuada. |

#### III.3.2.2.3. Áreas de Interes de Exploración

El proyecto considera el desarrollo de actividades de exploración minera en 26 polígonos, que inciden en 38 UGA's (ver Tabla III.19 anterior). Todos los polígonos de exploración presentan un uso compatible condicionado si se analiza la actividad como minería metálica.

Un solo polígono, identificado como "Área de Interés de Exploración Coyoles", tiene una fracción de 3.3021 ha en la UGA-2109, en la que el uso de minería metálica es incompatible. Como se analizó en el Apartado III.3.2.1, la incompatibilidad es relativa, ya que el POETEH no considera en su tipología de usos a las actividades de exploración o prospección minera.

Adicionalmente, el área de incompatibilidad corresponde a un curso de agua y su vegetación ribereña, que no será afectado por las actividades de exploración, por lo que, en los hechos, el área de incompatibilidad estará excluida del uso pretendido.

Debido a que en la tipología de usos de suelo del programa no se considera a la exploración minera, no existen criterios específicos para la actividad. Únicamente existe un criterio, dentro del uso de Minería Metálica, que alude a la prospección minera (Tabla III.24).

*Tabla III.24 Lineamientos y criterios de regulación ecológica aplicables a las Áreas de Interés de Exploración*

| Áreas de Interés de Exploración | |
|---|---|
| 38 UGA's | |
| | |
| Criterios de Regulación Ecológica aplicables | |
| Minería Metálica | |
| **Criterio** | **Vinculación y cumplimiento** |
| **MM09:** En los trabajos de prospección minera se debe dar prioridad al uso de los caminos existentes en vez de crear nuevos. Previo a la creación de caminos en terrenos forestales, se deberá realizar un rescate y reubicación de ejemplares de flora para minimizar los impactos que ocurren por la disposición del material en los bordes del camino. Una vez que la prospección minera haya terminado, y en el caso de que no se haya detectado minerales de interés comercial, todos los caminos de exploración deberán ser reforestados con especies nativas. | El programa de exploración minera que prevé el proyecto considera el aprovechamiento de los caminos existentes. En caso de ser necesaria la apertura de brechas, éstas se ajustarán a los protocolos internos de la empresa y las medidas de protección ambiental que se observan en las operaciones.<br>Dichas medidas incluyen:<br>▪ El rescate de individuos de flora y fauna silvestre en el trazo del camino, antes de cualquier intervención del terreno.<br>▪ El retiro de acumulaciones de material en los bordes del camino.<br>Como lo indica el criterio, al concluir las actividades de exploración, los caminos serán restaurados si los resultados indican que el yacimiento no es suceptible de aprovechamiento. |
| **MM12:** Se deberá contar con instalaciones sanitarias (fosas sépticas, baños composteros o similares), las cuales se ubicarán a una distancia no menor de 50 metros de cualquier cuerpo de agua. | En las áreas sujetas a exploración se instalarán sanitarios portátiles, en sitios adecuados y alejados de cualquier escurrimiento de agua. |

### III.3.2.2.4. Áreas de Evaluación Geológica

El proyecto considera el desarrollo de estudios y evaluaciones geológicas en 18 polígonos, identificados como "Áreas de Evaluación Geológica". Estas áreas corresponden a sitios en donde se ha detectado la necesidad de realizar mayores estudios e investigaciones, para abundar en el conocimiento del yacimiento de manganeso. Las actividades que se desarrollarán son puntuales y no invasivas, de modo que su ejecución no genera afectación o deterioro del entorno ambiental.

Los 18 polígonos de evaluación geológica inciden en siete UGA's (ver Tabla III.19 anterior), en las que presentan un uso compatible condicionado si se analiza la actividad como minería metálica.

Como en el caso de las Áreas de Interés de Exploración, la realización de estudios prospectivos no está considerada como un uso de suelo dentro del POET, de manera que los criterios ecológicos aplicables a esta actividad son los mismos que en las áreas de exploración (Tabla III.25).

*Tabla III.25 Lineamientos y criterios de regulación ecológica aplicables a las Áreas de Evaluación Geológica*

| Áreas de Evaluación Geológica |
|---|
| 7 UGA's |
| |
| Criterios de Regulación Ecológica aplicables |

| Minería Metálica | |
|---|---|
| **Criterio** | **Vinculación y cumplimiento** |
| **MM09:** En los trabajos de prospección minera se debe dar prioridad al uso de los caminos existentes en vez de crear nuevos. Previo a la creación de caminos en terrenos forestales, se deberá realizar un rescate y reubicación de ejemplares de flora para minimizar los impactos que ocurren por la disposición del material en los bordes del camino. Una vez que la prospección minera haya terminado, y en el caso de que no se haya detectado minerales de interés comercial, todos los caminos de exploración deberán ser reforestados con especies nativas. | Para el acceso a los sitios donde se realizarán las actividades de evaluación geológica, se aprovecharán los caminos existentes. En caso de ser necesaria la apertura de brechas, éstas se ajustarán a los protocolos internos de la empresa y las medidas de protección ambiental que se observan en las operaciones regulares.<br>Dichas medidas incluyen:<br>▪ El rescate de individuos de flora y fauna silvestre en el trazo del camino, antes de cualquier intervención del terreno.<br>▪ El retiro de acumulaciones de material en los bordes del camino.<br>Como lo indica el criterio, al concluir las actividades, los caminos que se hubieran abierto serán restaurados. |
| **MM12:** Se deberá contar con instalaciones sanitarias (fosas sépticas, baños composteros o similares), las cuales se ubicarán a una distancia no menor de 50 metros de cualquier cuerpo de agua. | En las áreas sujetas a evaluación geológica se instalarán sanitarios portátiles, en sitios adecuados y alejados de cualquier escurrimiento de agua. |

### III.3.2.2.5. Áreas Verdes

El proyecto incluye el establecimiento de cuatro polígonos de nuevas Áreas Verdes en la unidad Naopa, en los que se conservará la cobertura vegetal existente y se realizarán acciones de manejo ambiental, para garantizar su preservación.

De acuerdo con las definiciones de usos del suelo del POETEH, las áreas verdes del proyecto corresponden al uso de Conservación:

> ***Conservación:*** *Área para conservación y/o preservación del suelo ocupado por vegetación natural, para mantener la recarga de los mantos acuíferos, la fauna y flora local, la belleza paisajística, así como para combatir el cambio climático, los riesgos naturales (erosión, inundaciones, etc.) y la contaminación del aire.*

Debido a la naturaleza de estos polígonos, las actividades de conservación son compatibles condicionadas en las UGA's donde inciden: UGA-2006, UGA-2013, UGA-2015 y UGA-3034.

Los criterios de estas UGA, que son aplicables a las Áreas Verdes del proyecto, se exponen en la Tabla III.22, en la que se indican las acciones que realizará la empresa para cumplir con ellos.

*Tabla III.26 Lineamientos y criterios de regulación ecológica aplicables a las Áreas Verdes*

| Áreas Verdes |
|---|
| UGA-2006, UGA-2013, UGA-2015 y UGA-3034 |
| Criterios de Regulación Ecológica aplicables |

| Conservación | |
|---|---|
| **Criterio** | **Vinculación y cumplimiento** |
| **FF01:** No se deberá destruir, dañar o perturbar a la vida silvestre; solo los propietarios de los predios en donde se distribuye la vida silvestre, así como las personas que comparten su hábitat podrán tener derechos de aprovechamiento sustentable sobre sus ejemplares, partes y | Las nuevas áreas verdes del proyecto constituyen zonas de conservación de los ecosistemas, en las que se preservarán las poblaciones de flora y fauna silvestre existentes, mediante la vigilancia continua y manejo ambiental. |

| Conservación | |
|---|---|
| **Criterio** | **Vinculación y cumplimiento** |
| derivados, siempre y cuando cuenten con los permisos correspondientes. | |
| **FF02:** Las empresas y personas que desarrollen cualquier actividad deberán promover en los predios donde actúan la conservación y protección de las especies silvestres. No podrán cazar, capturar, retener o reubicar las especies silvestres. Solo la autoridad correspondiente podrá aplicar medidas para el control y erradicación de ejemplares y poblaciones perjudiciales, incluyendo a los ferales, a través de medios adecuados para no afectar a otros ejemplares, poblaciones, especies y a su hábitat. | En las nuevas áreas verdes del proyecto no se realizará ningún tipo de aprovechamiento de los recursos naturales y se prohibirá la caza o extracción de ejemplares de flora y fauna silvestre. Particularmente se promoverá la preservación de individuos de especies sujetas a algún régimen de conservación por la NOM-059-SEMARNAT-2010. |
| **FF03**: No se podrá realizar la caza deportiva, captura, comercialización, transformación, transporte, importación y exportación de ejemplares, partes y derivados de vida silvestre, salvo que se cuenten con los permisos correspondientes. | En las nuevas áreas verdes del proyecto no se permitirá la caza deportiva, captura, comercialización, transformación, transporte, importación y exportación de ejemplares, partes y derivados de vida silvestre. |
| **FF04:** Las actividades agrícolas, ganaderos o forestales, minimizarán sus impactos negativos sobre la vida silvestre y su hábitat, particularmente sobre las especies enlistadas en la NOM-059-SEMARNAT- 2010, pero en caso de no haberlo evitado, repararán o compensarán el daño, mediante restauración del hábitat in situ por reforestación y/o instalación de criaderos para reintroducción, y repoblación de vida silvestre. | Dentro de las nuevas áreas verdes del proyecto no se realizará ningún tipo de actividad agrícola, ganadera o forestal. |
| **FF06:** La conservación de las especies migratorias se llevará a cabo mediante la protección y mantenimiento de sus hábitats. La realización de cualquier obra pública o privada, así como de aquellas actividades que puedan afectar la protección, recuperación y restablecimiento de los elementos naturales en áreas de refugio para proteger especies migratorias, deberá establecer medidas de manejo, conservación y protección a este tipo de hábitats. | El propósito de las nuevas áreas verdes del proyecto se orienta a la conservación del hábitat de todas las especies de flora y fauna silvestre que ahí se distribuyen. |
| **FF07:** Cuando las empresas y personas que desarrollen cualquier actividad generen destrucción, contaminación, degradación, desertificación o desequilibrio del hábitat de la vida silvestre, se deberá ejecutar a la brevedad posible, actividades de restauración, recuperación, reintroducción, y repoblación de vida silvestre, preferentemente en el mismo sitio, o en alguna cercana que requiera restauración. | La empresa dotará a las nuevas áreas verdes del proyecto de un mecanismo de vigilancia y control de su conservación, a efecto de evitar cualquier destrucción, contaminación, degradación o desequilibrio del hábitat. |
| **FF08:** No se permite cercar para evitar el paso de ejemplares de la fauna silvestre nativa. Sólo la autoridad podrá aprobar el establecimiento de cercos y otros métodos como medida de manejo para ejemplares y poblaciones de especies nativas, cuando así se requiera para proyectos de recuperación y actividades de reproducción, repoblación, reintroducción, traslocación o preliberación. | Las nuevas áreas verdes del proyecto estarán delimitadas, pero libres de cercos que impidan el libre tránsito de la fauna. |
| **FF09:** El aprovechamiento extractivo sobre especies silvestres se deberá considerar que las tasas extraídas son menores a la de renovación natural de las poblaciones sujetas a aprovechamiento, en el caso de ejemplares de especies silvestres en vida libre, o bien que son producto de reproducción controlada, en el caso de ejemplares de la vida silvestre en confinamiento. | Dentro de las nuevas áreas verdes del proyecto no se realizará ningún tipo de aprovechamiento extractivo de especies silvestres. |
| **FF10:** La colecta y captura de ejemplares de especies en riesgo solo podrá darse cuando sea para actividades de restauración, repoblamiento, reintroducción e investigación científica. | El monitoreo de la calidad del hábitat en las nuevas áreas verdes del proyecto requerirá eventualmente de la colecta o captura de ejemplares de flora y fauna silvestre. En cualquier caso, se procederá conforme a las disposiciones normativas aplicables y los ejemplares serán devueltos a su hábitat. |

**Del análisis anterior se desprende que la ejecución de las nuevas obras y actividades del proyecto no contravienen las políticas, lineamientos y criterios ecológicos que establece el POETEH en las unidades de incidencia. Los usos del suelo correspondientes son compatibles condicionados**.

### III.3.3. Programas de Ordenamiento Territorial municipales

Ninguno de los municipios donde el proyecto tiene presencia cuentan hoy en día con Programas de Ordenamiento Ecológico y Territorial de su demarcación.

## III.4. Decretos y programas de conservación y manejo de áreas naturales protegidas

El proyecto no incursiona en ningún área natural protegida. La más próxima es la Reserva de la Biosfera Barranca de Metztitlán. El SAR del proyecto mantiene con esta ANP un distanciamiento mínimo de 0.97 kilómetros (**¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**).

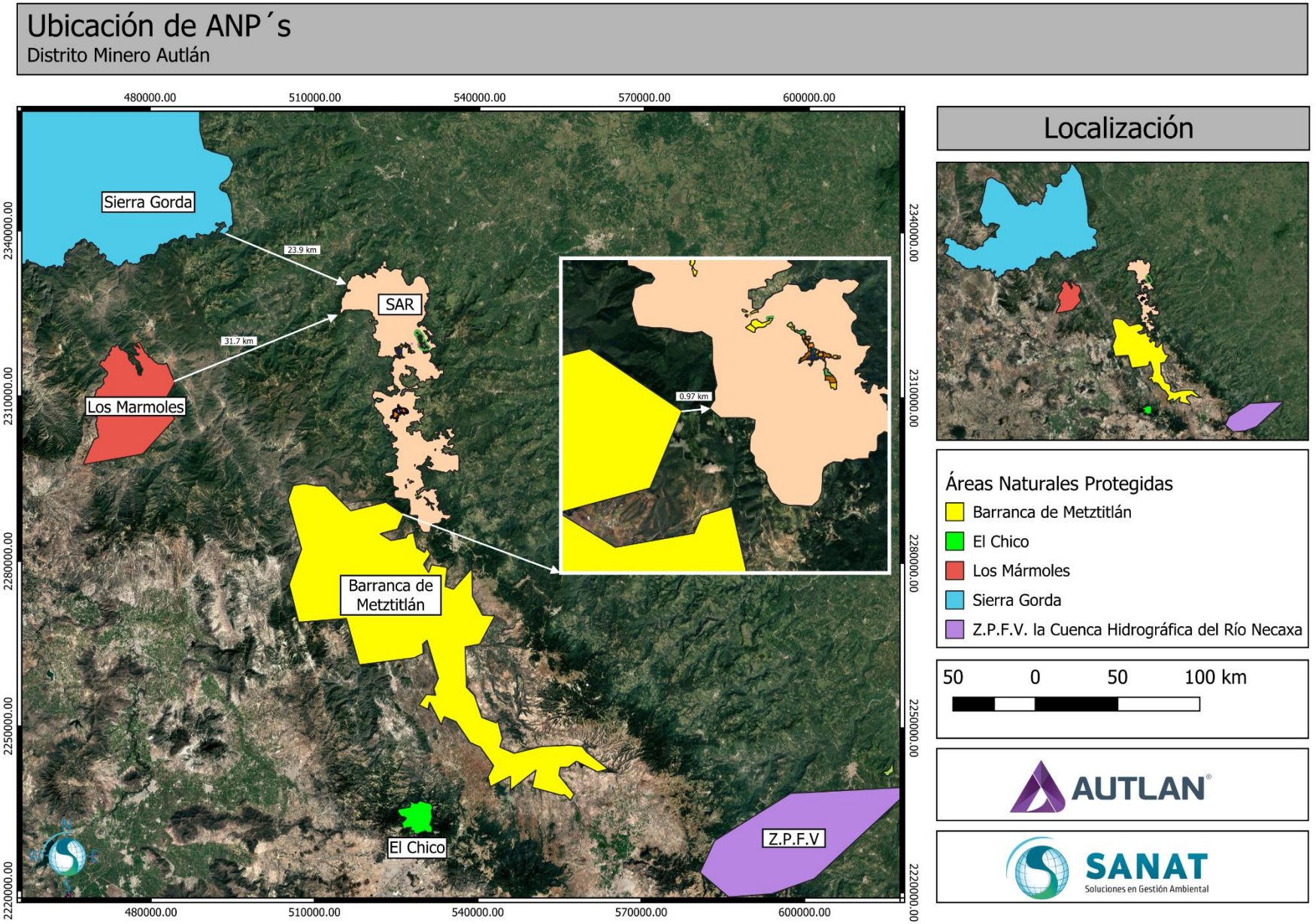



*Figura III.2 Localización del SAR del proyecto con respecto a las ANP de la región*

## III.5. Áreas de importancia para la conservación

La Comisión Nacional para el Uso y Conocimiento de la Biodiversidad (CONABIO) ha identificado porciones del territorio nacional de importancia por sus atributos naturales, denominadas regiones prioritarias para la conservación. Estas áreas no cuentan con un decreto formal y no son instrumentos vinculantes para el desarrollo de actividades, pero constituyen una referencia importante para la evaluación ambiental del proyecto.

En la zona continental del país dichas áreas se clasifican en: Regiones Hidrológicas Prioritarias (RHP) y Regiones Terrestres Prioritarias (RTP). Adicionalmente se reconocen 230 Áreas de Importancia para la Conservación de las Aves (AICA), constituidas por porciones del territorio nacional que albergan una alta diversidad ornitológica.

Tanto las regiones prioritarias para la conservación como las Áreas de Importancia para la Conservación de las Aves, son herramientas para los sectores de toma de decisiones, ya que contribuyen a normar criterios de priorización y de asignación de recursos para la conservación.

En el caso particular, el SAR establecido incursiona en el extremo poniente del Área de Importancia para la Conservación de las Aves AICA-240, denominada Tlanchinol-Bosque de Montana del Noroeste de Hidalgo (Figura III.3).

Respecto de la Regiones Terrestres e Hidrológicas Prioritarias, cerca del 80 % de la superficie del SAR se encuentra inmersa en la RTP-102 Bosques Mesófilos de la Sierra Madre Oriental (Figura III.4), y el 100 % de su superficie lo hace en la RHP-74 Confluencia de las Huastecas (Figura III.5).

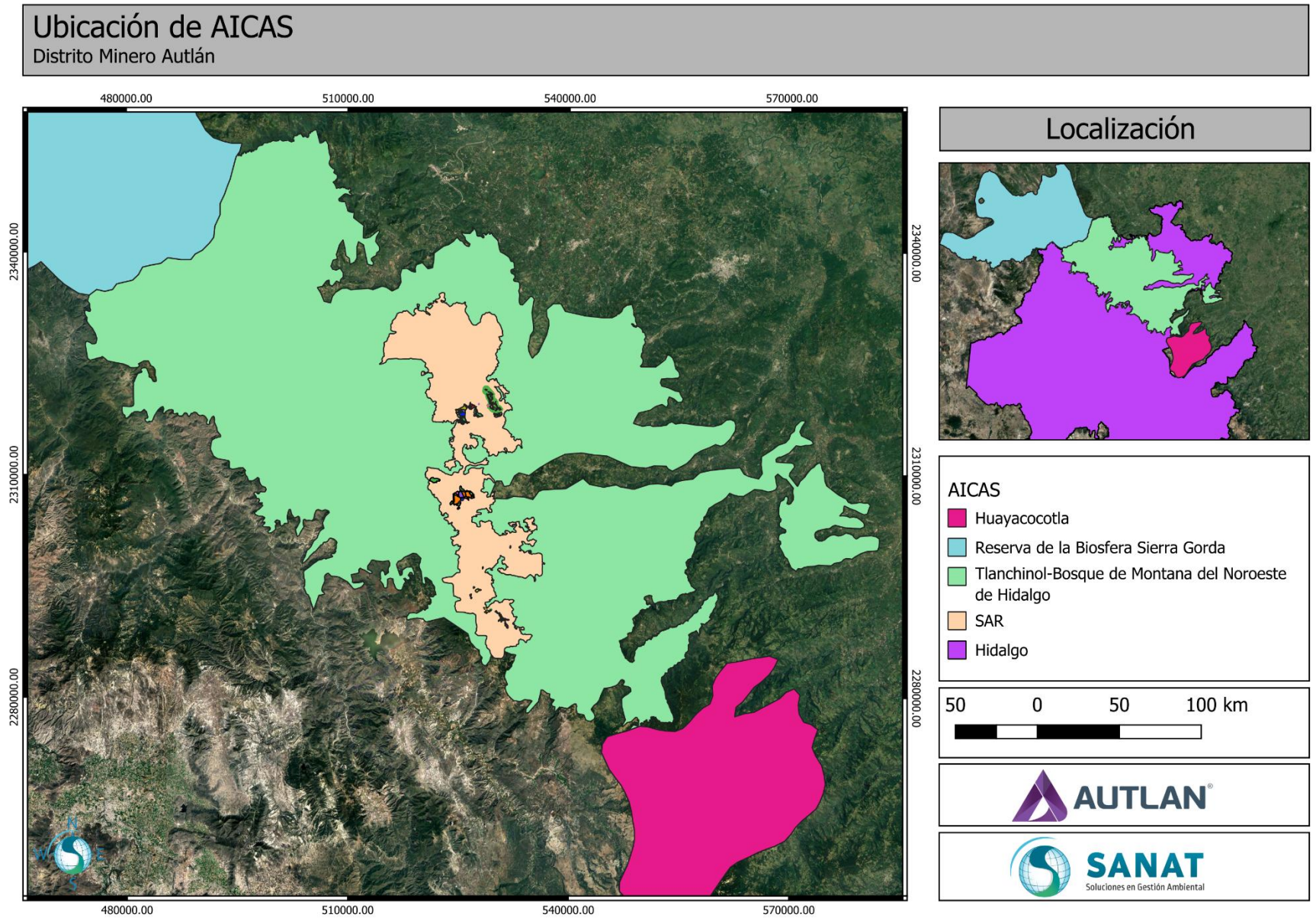



*Figura III.3 Localización del SAR del proyecto con respecto a las AICA's de mayor proximidad*

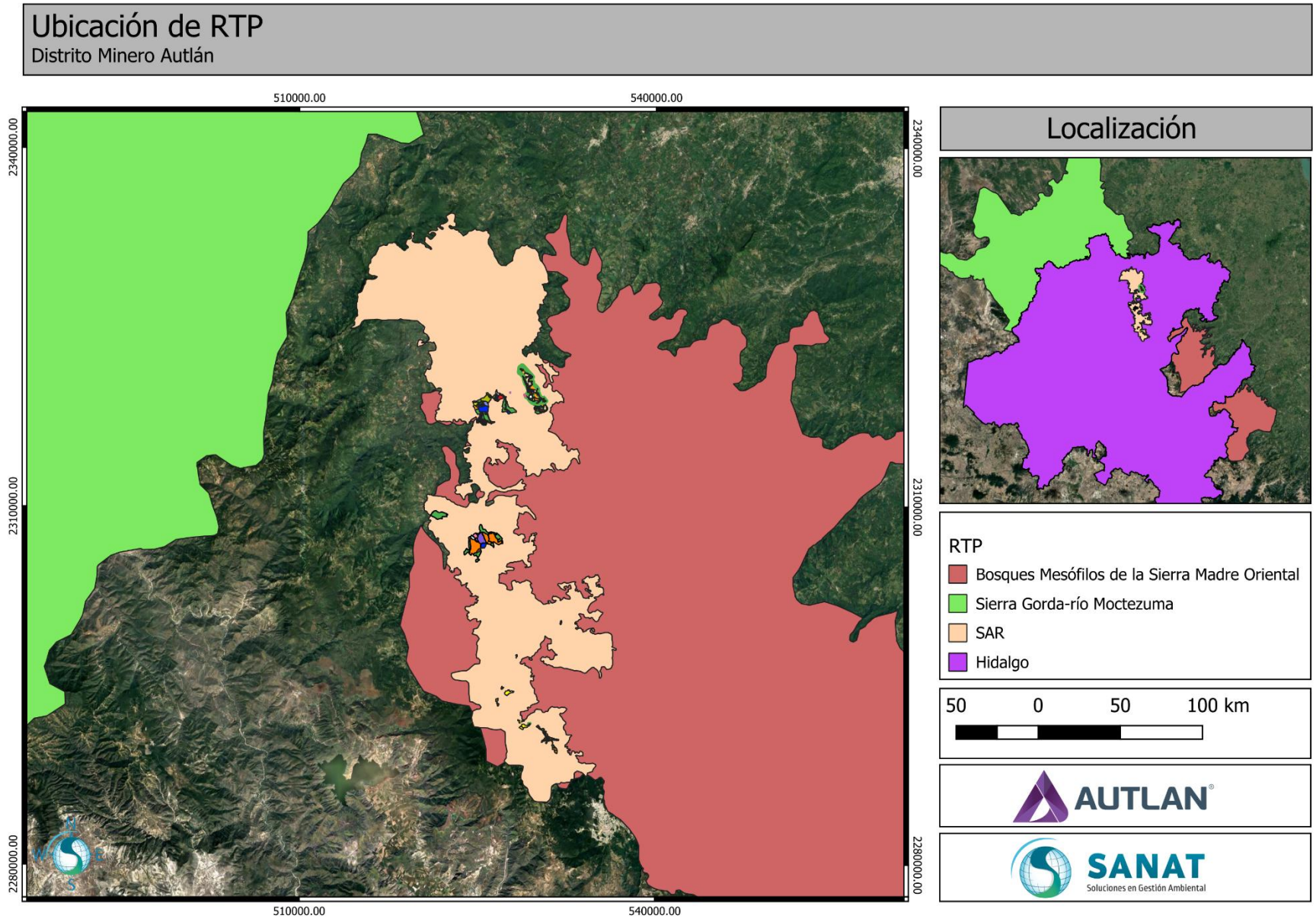



*Figura III.4 Localización del SAR del proyecto con respecto a las Regiones Terrestres Prioritarias de la región*

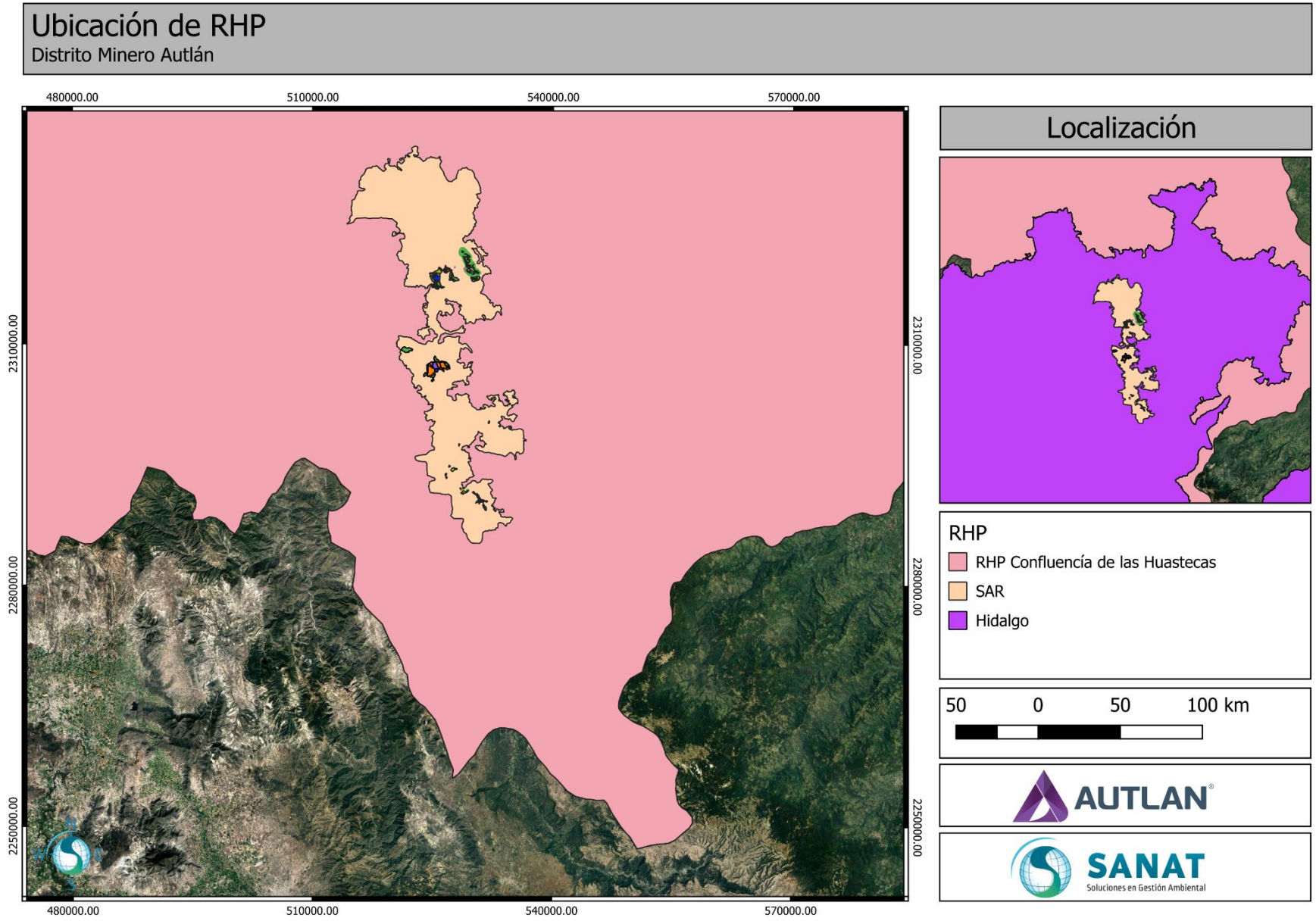



*Figura III.5 Localización del SAR del proyecto con respecto a la RHP Confluencia de las Huastecas*

## III.6. Planes o programas municipales de desarrollo urbano

El proyecto tiene incidencia en cinco municipios: Lolotla, Tlanchinol, Tepehuacán de Guerrero, Molango de Escamilla, Xochicoatlán y Juárez Hidalgo. Los seis carecen de Programas de Desarrollo Urbano y Ordenamiento Territorial que regulen los usos del suelo en el territorio de cada demarcación. De hecho, las últimas actualizaciones de los Planes Municipales de Desarrollo de cada uno de los municipios mencionados indican tal carencia y establecen como estrategia la formulación de los planes de desarrollo urbano.

No obstante, como se indica anteriormente, en el año 1993 los cinco municipios expidieron las Licencias de Uso de Suelo para las unidades Molango y Nonoalco.

## III.7. Normas Oficiales Mexicanas

Las normas oficiales mexicanas en materia ambiental, emitidas por la SEMARNAT tienen la finalidad de garantizar la sustentabilidad de las actividades económicas y del aprovechamiento de los recursos naturales.

El desarrollo de proyectos mineros relacionados con el aprovechamiento de minerales metálicos, en general, está sujeto al cumplimiento de distintas normas que regulan tópicos ambientales generales de las actividades; además, dependiendo de las particularidades del proyecto o del mineral aprovechado, existen normas específicas que deben observarse.

El proyecto que se presenta en este documento está obligado a cumplir con varias normas generales y una particular. El listado de ellas y su vinculación con las actividades que se desarrollan en las tres unidades que conforman el proyecto se expone en los apartados siguientes.

### III.7.1. Normas Oficiales Mexicanas generales en materia ambiental

En la Tabla III.27 se exponen las normas oficiales mexicanas de protección ambiental que regulan aspectos en materia de calidad del agua, calidad del aire, emisión de ruido, residuos y transferencia de contaminantes, que tienen vinculación con las actividades del proyecto.

*Tabla III.27 Normas Oficiales Mexicanas en materia ambiental*

| Norma Oficial Mexicana | Vinculación con el proyecto |
|---|---|
| **Control de la contaminación y calidad del agua** | |
| **NOM-001-SEMARNAT-2021**<br>**Establece los límites permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales en cuerpos receptores propiedad de la nación.** | El proyecto cuenta con seis plantas de tratamiento de aguas residuales, tres de ellas en la unidad Molango, dos en la unidad Naopa y una en la unidad Nonoalco.<br>La unidad Molango cuenta con dos Permisos de Descarga otorgados por la CONAGUA:<br>▪ Permiso de Descarga No. HGO105712, que autoriza descargar un volumen total de 6,000. 00 $m^3$/año de aguas residuales al Arroyo Tlaltepingo, cumpliendo con los valores contenidos en esta norma y las condiciones particulares de descarga establecidas en el título **(Anexo II.8)**.<br>▪ Permiso de Descarga No. HGO100637, que autoriza descargar un volumen total de 137,568.00 $m^3$/año de aguas residuales al Arroyo Tlaltepingo, cumpliendo con los valores contenidos en esta norma y las |

| Norma Oficial Mexicana | Vinculación con el proyecto |
|---|---|
| | condiciones particulares de descarga establecidas en el título **(Anexo II.8)**.<br>Parte del efluente de las tres plantas de tratamiento que posee la unidad Molango es reutilizada en el espreado de polvos, riego del talud de polvos, enfriamiento de equipos de los procesos de beneficio y riego de áreas pastizadas.<br>En la unidad Naopa se cuenta con el Permiso de Descarga otorgado por la CONAGUA con el Título No. 09HGO155000/26IDDL16, que permite descargar aguas residuales por un volumen de hasta 3,717 $m^3$ /año. Casi la totalidad del efluente de las dos plantas de tratamiento es reutilizado en el riego de los caminos de mina.<br>El último análisis realizado al efluente de la descarga de la planta de tratamiento de la unidad Naopa (abril de 2004), conforme a los parámetros de esta NOM y las condiciones particulares de descarga establecidas por CONAGUA, indica que todos los valores se encuentran dentro de los límites normados **(Anexo III.5)**.<br>En la unidad Nonoalco el efluente de la planta de tratamiento de aguas residuales es reutilizado íntegramente los procesos de beneficio que realiza.<br>Además del muestreo y análisis que la empresa realiza a los efluentes de las seis plantas de tratamiento, la calidad del agua superficial en el área del proyecto es monitoreada a través del Programa de Monitoreo de Calidad del Agua de la compañía **(Anexo III.XX)**, en el que se realizan muestreos bimestrales y trimestrales, en 36 sitios en torno a las tres unidades. |
| **Control de la contaminación atmosférica** | |
| **NOM-043-SEMARNAT-1993**<br>Establece los niveles máximos permisibles de emisión a la atmósfera de partículas sólidas provenientes de fuentes fijas. | La norma es de observancia obligatoria para las fuentes fijas que emitan partículas sólidas a la atmósfera.<br>De las tres unidades que conforman el proyecto, las plantas de beneficio que operan en la unidad Molango (planta de nodulización) y Nonoalco (plantas de concentración y de secado) son fuentes fijas de jurisdicción federal y están sujetas al cumplimiento de los niveles máximos de emisión a la atmósfera de partículas sólidas que indica la norma.<br>La unidad Molango cuenta con la Licencia de Funcionamiento No. 11248 y reporta periódicamente sus emisiones a la atmósfera. Hasta la fecha sus emisiones de partículas sólidas se han mantenido por debajo de los límites establecidos por la norma para este parámetro.<br>La unidad Nonoalco cuenta con la Licencia Ambiental Única No. LAU-04/13/069/001/2006 y Número de Registro Ambiental MAU1L1307911. Sus emisiones de partículas, conforme a los monitoreos realizados, se mantienen dentro de los valores normados.<br>Para mantener las emisiones de partículas sólidas por debajo de los valores que indica la Tabla 1 de la norma, Compañia Minera Autlán ha instalado equipos de control de polvos de alta eficiencia. Además, realiza el monitoreo regular y medición de todas sus emisiones, las registra y las reporta a la autoridad.<br>Los resultados de la última evaluación realizada en la unidad Nonoalco, indican que las emisiones de los parámetros que regula esta norma se encuentran por debajo de los límites establecidos en el horno reductor y el lavador de gases **(Anexo II.12)**.<br>Complementariamente, se lleva una bitácora de operación y mantenimiento de los equipos de proceso y de control.<br>El reporte de las emisiones a la atmósfera a la Secretaría, se realiza a través de la Cédula de Operación Anual (COA). |
| **NOM-085-SEMARNAT-2011**<br>**ACUERDO DE MODIFICACIÓN (15 de diciembre de 2014)** | Como fuente fija de jurisdicción federal que utiliza equipos de combustión que utilizan combustibles convencionales, la norma es de observancia |

| Norma Oficial Mexicana | Vinculación con el proyecto |
|---|---|
| Establece los niveles máximos permisibles de emisión de humo, partículas, CO, $SO_2$ y NOx, de los equipos de combustión de calentamiento indirecto que utilizan combustibles convencionales o sus mezclas. | para las unidades Molango y Nonoalco, respecto de sus emisiones de humo, partículas, $SO_2$ y NOx.<br>Los puntos de emisión sujetos a esta norma son los hornos de las plantas de nodulización (unidad Molango), concentradora y de secado (unidad Nonoalco).<br><br>**Emisión de partículas:**<br>Respecto de la emisión de partículas, en la Licencia de Funcionamiento de la unidad Molango la autoridad fijo un límite de emisión de 30 $mg/m^3$ de PST del horno de nodulización.<br>Para cumplir con dicho límite, Compañia Minera Autlán instaló equipos de control de polvos de alta eficiencia en las dos unidades. Con ello ha sido posible mantener las emisiones por debajo de los niveles máximos permisibles establecidos de manera particular en la Licencia de Funcionamiento.<br><br>**Emisión de $SO_2$**:<br>En cuanto a la emisión de $SO_2$, en el año 2001 la autoridad estableció en la Licencia de Funcionamiento de la unidad Molango un límite de concentración de bióxido de azufre en chimenes de 1,650 ppmv o su equivalente de 326 kg/h. De acuerdo con los monitoreos realizados, las emisiones de este parámetros se han mantenido por debajo del límite indicado.<br>En la unidad Nonoalco, las emisiones de bióxido de azufre se han mantenido por debajo de los valores de la norma.<br>En la unidad Molango se cuenta con un equipo de monitoreo continuo de Dióxido de Azufre ($SO_2$), a través del cual se evalúan las emisiones en tiempo real del enfriador de nódulos. Cada 30 días se entrega un reporte de los resultados del monitoreo a la Delegación de PROFEPA y Delegación de SEMARNAT en Hidalgo.<br>Para asegurar el cumplimiento de la norma y de las disposiciones de la LGEEPA y su Reglamento en materia de Prevención y Control de la Contaminación de la Atmósfera, la empresa realiza regularmente el monitoreo de sus emisiones.<br>Complementariamente, se lleva una bitácora de operación y mantenimiento de los equipos de proceso y de control.<br>El reporte de las emisiones a la atmósfera a la Secretaría se realiza a través de la Cédula de Operación Anual (COA). |
| **Control de las emisiones de ruido** | |
| **NOM-080-SEMARNAT-1994**<br>Establece los límites máximos permisibles de emisión de ruido proveniente del escape de los vehículos automotores, motocicletas y triciclos motorizados en circulación. | La norma es obligatoria para los vehículos automotores que circulen por las vías de comunicación terrestre. Se exceptúan de su aplicación los tractores de uso agrícola, trascabos, aplanadoras y maquinaria pesada para la construcción y los vehículos que transitan por riel.<br>Para el cumplimiento de los límites máximos de ruido permisibles de automóviles, camionetas, camiones y tractocamiones, establecidos en la Tabla 1 de la norma, Compañía Minera Autlán. mantiene un estricto programa de mantenimiento preventivo y correctivo de sus unidades, que garantiza su óptimo desempeño.<br>Asimismo, los equipos que producen ruido continuo cuentan con silenciadores, y los vehículos circulan con el escape cerrado. |
| **NOM-081-SEMARNAT-1994** | La norma es obligatoria para las industrias, comercios establecidos, servicios públicos o privados, y actividades en vía pública. |

| Norma Oficial Mexicana | Vinculación con el proyecto |
|---|---|
| **ACUERDO por el que se modifica el numeral 5.4 de la norma (3 de diciembre de 2013)**<br>Establece los límites máximos permisibles de emisión de ruido de las fuentes fijas y su método de medición. | Como fuentes fijas que desarrolla actividades industriales, las unidades Naopa, Molango y Nonoalco están obligadas al cumplimiento de los límites máximos permisibles establecidos en la norma.<br>Para asegurar el cumplimiento de los límites normativos (Tabla 1 del Acuerdo modificatorio de la norma), la empresa realiza las mediciones de sus emisiones sonoras de las fuentes generadoras de ruido, de conformidad con los procedimientos establecidos.<br>Adicionalmente, se planifican los trabajos que generan ruido impulsivo, para desarrollarlos con intervalos de descanso; las actividades que generan ruido significativo se programan en el horario establecido por la norma; se implementa también un programa preventivo y correctivo de maquinaria y equipos, y un programa de monitoreo de vibraciones por voladuras.<br>El último estudio de ruido, realizado en septiembre de 2023 en la unidad Naopa, indica que el nivel sonoro diurno de la fuente es de 51.87 dB Am por debajo del límite máximo permisible, mientras que en horario nocturno no se emite ruido **(Anexo II.12)**. |
| **Manejo de residuos** | |
| **NOM-052-SEMARNAT-2005**<br>Establece las características, el procedimiento de identificación, clasificación y los listados de los residuos peligrosos. | Es una norma de referencia vinculante con el proyecto para identificar y clasificar los residuos peligrosos que genera. En las tres unidades la norma se observa estrictamente en las tareas de identificación y clasificación de residuos.<br>Los procedimientos de esta norma han sido aplicados en los estudios de caracterización del tepetate y del mineral agotado del patio de lixiviación. |
| **NOM-053-SEMARNAT-1993**<br>Establece el procedimiento para llevar a cabo la prueba de extracción que determine los constituyentes que hacen a un residuo peligroso por su toxicidad al ambiente. | La norma establece su obligatoriedad en la generación y manejo de residuos peligrosos. El método normado se observa cuando es necesaria la aplicación de la prueba para determinar la peligrosidad de un residuo. |
| **NOM-054-SEMARNAT-1993**<br>Establece el procedimiento para determinar la incompatibilidad entre dos o más residuos considerados como peligrosos por la NOM-052-SEMARNAT-2005. | La norma establece su obligatoriedad en la generación y manejo de residuos peligrosos. El procedimiento normado se observa cuando es necesaria la aplicación de la prueba para determinar la incompatibilidad entre residuos peligrosos. |
| **NOM-161-SEMARNAT-2011**<br>Establece los criterios para clasificar a los residuos de manejo especial y determinar cuáles están sujetos a Plan de Manejo, así como su listado, procedimiento para la inclusión y exclusión en el listado, y los procedimientos para la formulación de los planes de manejo. | La norma excluye de su aplicación a los generadores de residuos provenientes de la industria minero-metalúrgica, de conformidad con los artículos 17 de la LGPGIR y 33 de su reglamento.<br>En consecuencia, **no es aplicable al proyecto**. |
| **NOM-083-SEMARNAT-2003**<br>Establece las especificaciones de protección ambiental para la selección del sitio, diseño, construcción, operación, monitoreo, clausura y obras complementarias de un sitio de disposición final de residuos sólidos urbanos y de manejo especial. | La norma es de observancia obligatoria para las entidades públicas y privadas responsables de la disposición final de los residuos sólidos urbanos y de manejo especial.<br>La Compañía Minera Autlán tiene previsto realizar la construcción y operación de un relleno sanitario dentro de los límites de la unidad Molango.<br>El proyecto ejecutivo de esta obra aún se encuentra en proceso. Sin embargo, su diseño, emplazamiento y construcción del relleno se planean conforme a los siguientes criterios y especificaciones de la norma:<br>**5.1:** la categoría de relleno sanitario será Tipo D, que recibe menos de 10 toneladas de residuos por día.<br>**6.1:** En el área de la obra no existen corrientes de agua perennes, ni presas o embalses. |

| Norma Oficial Mexicana | Vinculación con el proyecto |
|---|---|
| | **6.1.7** No existen pozos de aprovechamiento de agua subterránea próximos al sitio de la obra.<br>**8.1:** La obra garantizará el cumplimiento del coeficiente de conductividad hidráulica de 1 x $10^{-5}$ cm/seg.<br>**8.2:** El depósito tendrá una capacidad instalada acorde con una compactación de 300 kg/$m^3$.<br>**8.3:** La cobertura de los residuos se realizará, al menos, cada semana.<br>**8.4:** El depósito no recibirá residuos peligrosos, éstos son resguardados temporalmente en un almacén especial de la unidad Molango, para ser posteriormente entregados a una empresa autorizada para su transporte, tratamiento y disposición final.<br>**8.6 y 8.6:** el depósito estará totalmente cercado y con control de acceso.<br>Al concluir las operaciones mineras, se implementará el Plan de Cierre y Restauración, que incluye, de manera específica, un programa de clausura del depósito de residuos, apegado a las disposiciones del numeral 9 de la norma. |
| **Transferencia de contaminantes** | |
| **NOM-165-SEMARNAT-2013**<br>Establece la lista de sustancias sujetas a reporte de competencia federal, para el registro de emisiones y transferencia de contaminantes. | La norma es de observancia obligatoria para los responsables de fuentes fijas de jurisdicción federal, cuando emitan o transfieran las sustancias enlistadas, en cantidades mayores o iguales a los umbrales que establece.<br>Las unidades Molango y Nonoalco, si bien son fuentes fijas de jurisdicción federal, no generan en sus procesos ninguna de las sustancias sujetas a reporte. Por tanto, **la Norma no es aplicable al proyecto.** |

## III.7.2. Normas Oficiales Mexicanas en materia ambiental específicas para minería

El proyecto es regulado por una norma oficial mexicana expedida específicamente para actividades mineras: la relativa a los planes de manejo de residuos mineros (NOM-157-SEMARNAT-2009). En la Tabla III.28 se expone el cumplimiento del proyecto a dicha norma.

*Tabla III.28 Cumplimiento de la Norma Oficial Mexicana NOM-157-SEMARNAT-2009*

| Norma Oficial Mexicana | Vinculación con el proyecto |
|---|---|
| **NOM-157-SEMARNAT-2009**<br>Establece los elementos y procedimientos para instrumentar planes de manejo de residuos mineros. | La norma es obligatoria para toda persona física y moral que genere residuos mineros.<br>Las tres unidades del proyecto generan tres tipos de residuos:<br>▪ Los provenientes del minado (tepetate), en las unidades Naopa y Molango.<br>▪ Los generados en el proceso de beneficio:<br>- Jales de beneficio físico por concentración gravimétrica, en la unidad Nonoalco<br>- Polvos de hornos, también en la unidad Nonoalco.<br>La empresa cuenta con la autorización de los siguientes Planes de Manejo de Residuos Minero Metalúrgicos:<br>- Registro No. 13-PMM-I-0037-2010 relativo a los jales generados en la planta concentradora de la unidad Nonoalco. |

| Norma Oficial Mexicana | Vinculación con el proyecto |
|---|---|
| | - Registro No. 13-PMM-I.0038-2010 relativo a los polvos generados en al proceso de nodulación de la unidad Molango.<br>El cumplimiento particular a las disposiciones normativas se expone en una tabla posterior. |
| | |

| NOM-157-SEMARNAT-2009 | |
|---|---|
| **5. Especificaciones** | **Cumplimiento del proyecto** |
| **5.1 Clasificación de los residuos mineros** | |
| 5.1.1 Residuo proveniente del minado | |
| 5.1.1.2 Tepetates | Durante la explotación del yacimiento, por minado superficial y subterráneo, se genera tepetate o material estéril, sin valores, que es depositado en tepetateras y utilizado como relleno de la mina subterránea. |
| 5.1.2 Residuos provenientes del beneficio de minerales | |
| 5.1.2.1 Residuos de la concentración de minerales<br>5.1.2.1.1 Residuos del beneficio físico<br>b) Jales de la concentración gravimétrica. | La producción de manganeso en diversos grados se realiza por concentración y separación gravimétrica, generando jales que se almacenan en depósitos para su posterior re-procesamiento. |
| 5.1.2.2 Residuos de procesos pirometalúrgicos<br>i) Polvos de hornos. | Durante el proceso de concentración del manganeso se generan polvos que son extraídos mediante casas de sacos, para posteriormente ser depositados. |
| **5.2 Propósitos de los planes de manejo** | |
| 5.2.1. Definir y aplicar las medidas necesarias que aseguren el manejo integral de los residuos mineros, de conformidad con lo establecido en el numeral 5.3.2, considerando aspectos administrativos, económicos, tecnológicos, sociales y de índole ambiental. | La empresa preparó y presentó a la autoridad los Planes de Manejo de Residuos Minero Metalúrgicos en total apego a las disposiciones de esta Norma. Los planes están autorizados los siguientes números de registro:<br>• Registro No. 13-PMM-I-0037-2010 relativo a los jales generados en la planta concentradora de la unidad Nonoalco **(Anexo II.12)**.<br>• Registro No. 13-PMM-I.0038-2010 relativo a los polvos generados en al proceso de nodulación de la unidad Molango **(Anexo II.12)**. |
| 5.2.2 Establecer las modalidades de manejo que respondan a las particularidades de los residuos y de los materiales que los constituyan, como es el caso de los residuos generados por la industria minera. | Los Plane de Manejo de Residuos Mineros de las unidades Nonoalco y Molango corresponden a la modalidad: privado, individual y local |
| 5.2.3 Alentar la innovación de procesos, métodos y tecnologías, para lograr un manejo integral. | Compañía Minera Autlán promueve la innovación de procesos con el propósito de mejorar procedimientos y tecnología para un mejor manejo de los residuos. En este rubro se encuentra el proyecto para el re-procesamiento de los jales que han sido depositados en la unidad Nonoalco. |
| **5.3 Elementos y procedimientos a considerar al formular planes de manejo de los residuos mineros** | |
| 5.3.1 Contenido de los planes de manejo de residuos mineros. | Los Planes de Manejo de Residuos Minero Metalúrgicos autorizados consideraron los elementos y procedimientos señalados en la norma respecto del contenido, los procesos de manejo integral, y los mecanismos de evaluación y mejora.<br>Cualquier modificación de los procesos de manejo será informada a la autoridad y el plan será actualizado. |
| 5.3.2 Manejo integral de los residuos | |
| 5.3.3 Mecanismos de evaluación y mejora | |
| 5.3.4 Actualización del plan de manejo | |
| **5.4 Caracterización de los residuos** | |
| 5.4.1 Muestreo para determinar la peligrosidad de los residuos | |

| NOM-157-SEMARNAT-2009 | |
|---|---|
| **5. Especificaciones** | **Cumplimiento del proyecto** |
| Antes del inicio de operaciones o cuando se modifiquen procesos, de las pruebas metalúrgicas realizadas. | Se realizaron pruebas de caracterización del tepetate, jales y polvos del horno, en la actual etapa operativa del proyecto. |
| Durante la operación de las corrientes donde se generen los residuos o directamente de los depósitos de residuos. | |
| 5.4.1.2 El método empleado en el laboratorio debe simular el proceso de tratamiento y/o fundición o refinación que se realizará durante la operación. | Las pruebas fueron realizadas en muestras directas de los residuos, ya que el proyecto se encuentra en su etapa operativa. |
| 5.4.1.3 En la etapa de operación se hará un compósito anual durante la vida útil del proyecto que sea representativo de las características del residuo. | |
| 5.4.2 Caracterización del residuo | |
| 5.4.2.1 En el residuo, se determinará, según sea el caso:<br>a) Las concentraciones totales (base seca) de los elementos incluidos en el Cuadro 2: antimonio, arsénico, bario, berilio, cadmio, cromo, mercurio, plata, plomo y selenio.<br>b) La movilidad de los metales y metaloides presentes en el residuo, conforme a la determinación de las concentraciones totales, con base en los métodos de prueba aplicables (de acuerdo con la granulometría).<br>c) El potencial de generación de drenaje ácido.<br>d) El pH de la disolución del residuo en agua. | Se han realizado las pruebas indicadas de acuerdo con lo que indica este numeral.<br>Los resultados indican que ninguno de los tres tipos de residuos clasifica como residuo peligroso, ya que:<br>▪ Las concentraciones totales (base seca) de los elementos que indica la norma no superan los límites máximos permisibles.<br>▪ Las pruebas de movilidades de los metales lixiviables estuvieron por abajo del máximo permisible.<br>▪ El ph se encontró en los rangos normados.<br>▪ El PN/PA indica que no son generadores de ácido. |
| 5.4.2.2 Las determinaciones que deberán realizarse dependen de la etapa del proceso minero en la que se genere el residuo, conforme al Cuadro 1. | Las pruebas que se han realizado son: concentraciones totales, potencial de generación de drenaje ácido y movilidad de metales. |
| 5.4.2.3 Determinación de las concentraciones totales (base seca). | |
| 5.4.2.4 Pruebas de Movilidad. | |
| 5.4.2.4.2 Se deberá seleccionar una de las siguientes pruebas de extracción de los constituyentes tóxicos:<br>a) Lixiviación con agua en equilibrio con $CO_2$ ($H_2O$ a pH = 5.50 ajustado con burbujeo de $CO_2$) (Anexo Normativo 5 fracción I, NOM-141-SEMARNAT-2003).<br>b) Procedimiento de movilidad con agua meteórica (MWMP) (Anexo Normativo 2).<br>c) Lixiviación de precipitación sintética con mezcla $H_2SO_4/HNO_3$ (Anexo Normativo 1). | Se ha utilizado la prueba de movilidad con agua meteórica (MWMP). |
| 5.4.2.4.3 Cuando la concentración en el extracto de uno o varios de los elementos listados en el Cuadro 2, sea superior a los límites permisibles PECT señalados en el mismo, se concluye que el residuo representado por la muestra es peligroso por la toxicidad asociada con la movilidad del elemento en cuestión. | En todas las pruebas de toxicidad realizadas el extracto no ha resultado superior a los límites del PECT. |
| 5.4.2.5 Pruebas para determinar el pH. | Se han realizado las pruebas para determinar el pH. |
| 5.4.2.6 Pruebas para determinar el potencial de generación de drenaje ácido. | Se han realizado las pruebas de potencial de generación de drenaje ácido. Los resultados de la razón PN/PA (potencial de neutralización/potencial de acidez) indican si se considera o no un residuo generador de drenaje ácido (cuando sea $\leq 3$) y no generador de drenaje ácido cuando el resultado es $\geq 3$.<br>De acuerdo con los resultados de estas pruebas, ninguno de los residuos es generador de ácido. |
| 5.4.2.6.1 En los residuos de los procesos de minado y tratamiento de minerales, el potencial de generación de drenaje ácido se determina aplicando la prueba modificada de balance ácido-base (ABA por sus siglas en inglés). | |
| 5.4.2.6.2 Para determinar si el residuo es generador potencial de drenaje ácido, se debe de aplicar la prueba ABA establecida en los Anexos Normativos 1 y 5 (II) de la NOM-141-SEMARNAT-2003 y sujetarse a los límites establecidos en el Cuadro 3. | |
| 5.4.2.7 Debe tenerse la información de los procedimientos para la caracterización de los residuos, cuándo se fueron generando, además de los procedimientos para estabilizar todos los residuos de procesos. | La documentación de todas las pruebas de caracterización de los residuos se encuentra disponible. |

| NOM-157-SEMARNAT-2009 | |
|---|---|
| **5. Especificaciones** | **Cumplimiento del proyecto** |
| **5.5 Criterios generales para la valorización de residuos** | |
| 5.5.1 El aprovechamiento o valorización de los residuos, debe sujetarse al principio de eficiencia ambiental y desarrollarse de conformidad con las disposiciones legales en materia de impacto ambiental, riesgo, prevención de la contaminación del agua, aire y suelo y otras, que resulten aplicables. | En la gestión de los residuos se aplica el principio de eficiencia ambiental. Los residuos se valorizan y se reintegran a la cadena de producción. |
| 5.5.2 Los procesos empleados para la valorización o el aprovechamiento no deben liberar contaminantes al ambiente ni constituir un riesgo para la salud, y habrán de promover el ahorro de energía y de materias primas. | Ninguno de los procesos de manejo de los residuos libera contaminantes al ambiente. |
| 5.5.3 En el caso de aprovechamiento o valorización de los residuos en la fuente que los generó, el plan de manejo deberá indicar:<br>5.5.3.1 Para reutilización: las características técnicas del material o residuo a reutilizar, los procesos productivos en los cuales serán utilizados, su capacidad anual de reutilización y su balance de materia.<br>5.5.3.2 Para reciclaje o co-procesamiento: los procedimientos, métodos o técnicas de reciclaje o co-procesamiento que se proponen, detallando todas sus etapas; las cargas de residuos peligrosos, emisiones, efluentes y generación de otros residuos, así como los parámetros de control de proceso.<br>5.5.3.3 Para aprovechamiento energético: el balance de energía, el poder calorífico del residuo y el proceso al cual será incorporado. | Los polvos de hornos son considerados subproductos con valor y los jales se sujetarán a re-procesamiento. |
| **5.6 Criterios para el almacenamiento y disposición final de residuos** | |
| 5.6.1 Se deben identificar los elementos del ambiente presentes en el sitio en que se depositarán los residuos, aquéllos que sean susceptibles de afectación por los impactos generados por la disposición de residuos, así como la capacidad del entorno para atenuar dichos impactos, conforme al estudio de la caracterización del sitio del numeral 5.3 de la NOM-141-SEMARNAT-2003. | La NOM-141-SEMARNAT-2003, relativa a presas de jales, no es aplicable al proyecto, ya que los depósitos de jales existentes son estructuras rústicas de gran antigüedad.<br>Los jales consisten principalmente de roca gruesa o fina que fue descartada de los procesos de selección. Sus dimensiones mucho menores que la del tepetate, llegando incluso a ser muy fino; y poseen humedad, que se pierde por evaporación. Actualmente se observa en ellos el crecimiento de plantas.<br>Para las tepetateras existentes y la nueva que se proyecta se realizaron evaluaciones geotécnicas y ambientales que permitieron determinar los mejores sitios de emplazamiento.<br>Actualmente los polvos de hornos son depositados en apilamientos temporales para su revalorización. El antiguo depósito se encuentra en etapa de cierre y ha sido revegetado.<br>Las evaluaciones y autorizaciones de impacto ambiental con que cuentan distintas áreas del proyecto, identificaron y valoraron los efectos potenciales de la disposición de residuos mineros en las tepetateras, y se establecieron medidas ambientales para su prevención, mitigación y control, que actualmente se implementan.<br>Con esta MIA-R que se presenta, se espera obtener la autorización de impacto ambiental para una nueva tepetatera. |
| 5.6.2 Durante el proyecto, construcción, operación y cierre de los depósitos de almacenamiento y disposición final de residuos, se deberán contar con las especificaciones de ingeniería y mantenimiento que aseguren su estabilidad física. | La conformación de las tepetateras operativas y la nueva que se pretende, se sustenta en especificaciones de ingeniería y mantenimiento que aseguren su estabilidad física. |
| 5.6.2.1 En el caso de los terreros, tepetateras y demás depósitos de residuos mineros no sujetos a una Norma Oficial Mexicana específica, se deben establecer medidas de control para:<br>a) Evitar procesos de erosión eólica e hídrica, así como los arrastres mecánicos.<br>b) Impedir la dispersión en el ambiente de drenaje ácido, lixiviados y escurrimientos, en su caso. | En las tepetateras de la unidad Naopa se aplican medidas y acciones que previene la erosión y arrastres mecánicos. Asimismo, se dispone de obras hidráulicas que aseguran la estabilidad de los depósitos y evitan la contaminación de los escurrimientos con sedimentos del tajo. |

| NOM-157-SEMARNAT-2009 | |
|---|---|
| **5. Especificaciones** | **Cumplimiento del proyecto** |
| 5.6.2.2 Para los depósitos de residuos provenientes de procesos pirometalúrgicos e hidrometalúrgicos, se debe cumplir además de lo establecido en el numeral 5.6.2.1, con lo siguiente:<br>a) Depositar únicamente residuos sólidos de naturaleza inorgánica y compatibles entre sí.<br>b) Asegurar el aislamiento adecuado del depósito para impedir el contacto de los residuos con cuerpos de agua, así como para evitar su transporte por viento o arrastres.<br>c) Contar con un sistema de captación y canalización del agua pluvial, acorde a las condiciones climáticas locales. | Los polvos generados en los hornos del proceso de concentración son revalorizados, por lo que su depósito constituye un almacenamiento temporal. |
| 5.6.3 Durante las etapas de operación y post-operación, en todo depósito se deberá monitorear los cuerpos de agua vulnerables. | El proyecto mantiene un programa de monitoreo de la calidad del agua superficial y subterránea en sus tres unidades, que se continuará hasta la etapa de cierre. |
| 5.6.4 Se deberá proceder a la restauración forestal de las zonas de los depósitos que vayan quedando fuera de operación, con especies endémicas del sitio, en el caso de que sea factible, en virtud de la cantidad recuperable del suelo originalmente existente en el sitio, y/o las cualidades de los residuos para que directamente sobre ellos se desarrolle dicha vegetación. | El proyecto cuenta con una estrategia de Cierre y Restauración Ambiental que considera la revegetación progresiva de la tepetatera. |

Respecto de la **Norma Oficial Mexicana NOM-120-SEMARNAT-2020**, que establece las especificaciones de protección ambiental para las actividades de exploración minera directa, en zonas agrícolas, ganaderas o eriales y en zonas con climas secos y templados en donde se desarrolle vegetación de matorral xerófilo, bosque tropical caducifolio, bosques de coníferas o encinos, podría ser aplicable a ciertas superficies de los polígonos de interés de exploración, en donde el uso del suelo corresponda a zonas agrícolas o ganadera; sin embargo, el clima de la región y el tipo de vegetación predominante (Bosque Mesófilo de Montaña), suponen la exclusión de la aplicabilidad de la norma.

Otro factor importante para considerar que las actividades de exploración del proyecto no son elegibles para la aplicación de la norma, es el hecho de que el programa previsto, además de extenso en superficie, está planificado de manera integral, de manera que no se estima pertinente fraccionarlo en áreas en las que sí pueda ser aplicable la norma, siendo preferible la evaluación de impacto de manera integral como parte de este proyecto.

De cualquier modo, las disposiciones de protección ambiental contenidas en la norma, serán observadas en su totalidad como acciones adecuadas para garantizar el mínimo impacto de las actividades de exploración.

## III.7.3. Normas Oficiales Mexicanas de referencia

Las normas oficiales mexicanas de referencia que son observadas por el proyecto se indican en la Tabla III.29

*Tabla III.29 Normas Oficiales Mexicanas de referencia*

| Norma Oficial Mexicana | Vinculación con el proyecto |
|---|---|
| **Calidad del agua – Salud Ambiental** | |
| **NOM-127-SSA1-2021**<br>Establece los límites permisibles de calidad del agua para uso y consumo humano | La NOM es obligatoria para los organismos responsables de los sistemas de abastecimiento de agua, públicos y privados. No es aplicable para aguas residuales tratadas y, por tanto, **no es vinculante con el proyecto**.<br>El monitoreo de calidad del agua que se realiza, se ajusta a las especificaciones de la NOM-001-SEMARNAT-2021. |

<table>
<tr><th>Norma Oficial Mexicana</th><th>Vinculación con el proyecto</th></tr>
<tr><td>NOM-003-SEMARNAT-1997<br>Establece los límites máximos permisibles de contaminantes para las aguas residuales tratadas que se reusen en servicios al público.</td><td>La norma es de observancia obligatoria para las entidades públicas responsables del tratamiento y reuso del agua residual, y para terceros que realicen el servicio público. En consecuencia, no es vinculante con el proyecto.</td></tr>
<tr><th colspan="2">Calidad del aire – Salud Ambiental</th></tr>
<tr><td>NOM-021-SSA1-2021<br>Establece los valores límites permisibles de concentración de CO en el aire ambiente, como medida para la protección a la salud humana.</td><td rowspan="4">Estas normas son obligatorias para las autoridades federales y locales responsables de la vigilancia y evaluación de la calidad del aire, por tanto, no son vinculantes con el proyecto.<br>El monitoreo de la calidad del aire que se realiza se ajusta a las especificaciones y límites establecidos en la NOM-043-SEMARNAT-1993 y NOM-065-SEMANAT-2011. Sin embargo, también se realiza el análisis comparativo con los valores de estas normas.</td></tr>
<tr><td>NOM-022-SSA1-2019<br>Establece los valores límites permisibles de concentración de Dióxido de Azufre en el aire ambiente, como medida para la protección a la salud humana.</td></tr>
<tr><td>NOM-023-SSA1-2021<br>Establece los valores límites permisibles de concentración de Dióxido de Nitrógeno en el aire ambiente, como medida para la protección a la salud humana.</td></tr>
<tr><td>NOM-025-SSA1-2021<br>Establece valores normados para la concentración de partículas suspendidas $PM_{10}$ y $PM_{2,5}$ en el aire, como medida de protección a la salud de la población.</td></tr>
<tr><td>NOM-026-SSA1-2021<br>Establece el valor límite de plomo en el aire ambiente como medida de protección a la salud humana</td><td>Esta norma es obligatoria para las autoridades federales y locales responsables de la vigilancia y evaluación de la calidad del aire, por tanto, no es vinculante con el proyecto.<br>No obstante, los valores límites establecidos, se utilizan como referencia para analizar la información que se obtiene periódicamente del programa de monitoreo de la calidad del aire que realiza.</td></tr>
<tr><th colspan="2">Protección de flora y fauna silvestre</th></tr>
<tr><td>NOM-059-SEMARNAT-2010<br>Establece las especies de flora y fauna nativas de México, la lista de especies en riesgo, categorías de riesgo y las especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio del listado.</td><td>La norma no es vinculante con el proyecto, pero constituye una referencia indispensable en la caracterización y monitoreo de la flora y fauna silvestres que habitan en la región donde se sitúa el proyecto.<br>Los estudios de flora y fauna realizados para la integración de esta MIA-R, identificaron un total de ocho (8) especies de flora y 16 de fauna con presencia en el Sistema Ambiental Regional (SAR) del proyecto, las cuales se encuentran catalogadas em alguna categoría de riesgo conforme a la NOM-059-SEMARNAT-2010:<br><br>
<table>
<tr><th colspan="3">Flora</th></tr>
<tr><th>Especie</th><th>Nombre común</th><th>Categoría de riesgo NOM-059</th></tr>
<tr><td>Cyathea divergens</td><td>Helecho pesma</td><td>Pr</td></tr>
<tr><td>Marattia weinmanniifolia</td><td>Maíz de monte</td><td>Pr</td></tr>
<tr><td>Podocarpus matudae</td><td>Palmilla</td><td>Pr</td></tr>
<tr><td>Cedrela odorata</td><td>Cedro</td><td>Pr</td></tr>
<tr><td>Chamaedorea microspadix</td><td>Palma tepejilote</td><td>A</td></tr>
<tr><td>Zamia loddigesii</td><td>Cícada camotillo</td><td>A</td></tr>
<tr><td>Juglans pyriformis</td><td>Nogal</td><td>A</td></tr>
<tr><td>Alsophila firma</td><td>Helecho maquique</td><td>P</td></tr>
<tr><th colspan="3">Fauna</th></tr>
<tr><th colspan="3">Mamíferos</th></tr>
<tr><td>Herpailurus yagouaroundi</td><td>Yaguarundi</td><td>A</td></tr>
<tr><td>Leopardus wiedii</td><td>Tigrillo</td><td>P</td></tr>
<tr><td>Eira barbara</td><td>Viejo de monte</td><td>P</td></tr>
<tr><th colspan="3">Reptiles</th></tr>
<tr><td>Thamnophis eques</td><td>Culebra de agua</td><td>A</td></tr>
<tr><td>Sceloporus grammicus</td><td>Lagartija escamosa del mezquite</td><td>Pr</td></tr>
<tr><th colspan="3">Aves</th></tr>
<tr><td>Zentrygon albifacies</td><td>Paloma cara blanca</td><td>A</td></tr>
<tr><td>Micrastur semitorquatus</td><td>Halcón selvático de collar</td><td>Pr</td></tr>
<tr><td>Dendrortyx barbatus</td><td>Codorniz coluda veracruzana</td><td>P</td></tr>
</table>
</td></tr>
</table>

| Norma Oficial Mexicana | Vinculación con el proyecto |
|---|---|
| | *Clibanornis rubiginosus* — Musguero castaño — A<br>*Geothlypis tolmiei* — Chipe lores negros — A<br>*Catharus mexicanus* — Zorzal corona negra — Pr<br>*Myadestes occidentalis* — Clarín jilguero — Pr<br>*Myadestes unicolor* — Clarín unicolor — A<br>*Psittacara holochlorus* — Perico mexicano — A<br>*Trogon collaris* — Coa de collar — Pr<br>**Anfibios**<br>*Lithobates berlandieri* — Rana leopardo — Pr<br>Pr=protección especial, A= amenazada. P= en peligro de extinción<br><br>Para prevenir la afectación de individuos de dichas especies, en las áreas de operativas de las tres unidades se ejecutan programas de rescate y reubicación. |

Otras normas oficiales mexicanas que se observan en las operaciones de las tres unidades son las relacionadas con la seguridad y ambiente laboral. En la Tabla III.30 se presentan las más importantes y su vinculación con el proyecto.

*Tabla III.30 Normas Oficiales Mexicanas en materia de seguridad y ambiente laboral*

| Norma Oficial Mexicana | Vinculación con el proyecto |
|---|---|
| **NOM-002-STPS-2010**<br>Establece los requerimientos para la prevención y protección contra incendios en los centros de trabajo. | La empresa da cumplimiento a las disposiciones de la norma:<br>• El riesgo de incendio se encuentra identificado, clasificado y evaluado.<br>• Se capacita a los trabajadores respecto de las medidas de seguridad aplicables en cada área de trabajo, así como en materia de prevención de incendios y atención de emergencias.<br>• Se observan y supervisa el cumplimiento de las medidas de prevención y protección contra incendios.<br>• Se dispone de un plan de atención a emergencias de incendio conforme a las disposiciones de la norma.<br>• Se cuenta con brigadas contra incendio dotadas con equipo de protección personal.<br>• Las diferentes áreas cuentan con medios de detección, alarmas y equipos contra incendio.<br>• Se realizan simulacros de emergencias al menos una vez al año. |
| **NOM-010-STPS-2014**<br>Establece los procesos y medidas para prevenir riesgos a la salud del personal ocupacionalmente expuesto a agentes químicos contaminantes del ambiente laboral. | En las áreas de procesos, laboratorios y almacenes, se observan las disposiciones de la norma en materia de prevención de riesgos y seguridad laboral.<br>Particularmente:<br>• Existen señalamientos idóneos de precaución, obligación y prohibición, en la entrada de las áreas donde existe exposición a agentes químicos.<br>• Cuando es requerido, se cuenta con evaluaciones sobre la concentración de agentes químicos contaminantes del ambiente laboral.<br>• Cuando es necesario, se realiza el monitoreo biológico por exposición química, al personal expuesto.<br>• Se dispone de mecanismos, procedimientos, instrumentos y acciones de control.<br>• Se proporciona y exige al personal el uso de equipo de protección personal.<br>• Se practican exámenes médicos al personal expuesto, como parte de la vigilancia a su salud. |

| Norma Oficial Mexicana | Vinculación con el proyecto |
|---|---|
| | • El personal es capacitado sobre el manejo de las sustancias químicas y el tipo de control aplicado para prevenir la contaminación del ambiente laboral.<br>• Se cuenta con un estudio, listados e información relevante, sobre los agentes químicos empleados. |
| **NOM-017-STPS-2008**<br>Establece los requisitos mínimos del equipo de protección que debe proporcionarse a los trabajadores. | La empresa proporciona a todos sus trabajadores equipo de protección personal, idóneo a sus actividades, considerando los riesgos laborales a los que cada empleado puede estar expuesto.<br>El equipo de protección proporcionado cumple con las condiciones que indica la norma en su numeral 5.4.<br>Asimismo, se informa al personal de la empresa y a los contratistas, sobre los riegos y las reglas de seguridad del área en donde desarrollan sus actividades.<br>La compañía mantiene un programa de capacitación en materia de seguridad laboral. |
| **NOM-018-STPS-2015**<br>Establece los requisitos para disponer del sistema armonizado de identificación y comunicación de peligros y riesgos por sustancias químicas peligrosas. | La norma es obligatoria para todos los centros de trabajo que manejen sustancias químicas peligrosas.<br>Los laboratorios de las unidades cuentan con un sistema de identificación y comunicación de peligros y riesgos por sustancias químicas peligrosas y mezclas.<br>Las hojas de datos de seguridad (HDS) de todas las sustancias químicas peligrosas que se emplean están accesibles para los trabajadores, de conformidad con los dispuesto en la norma.<br>Los depósitos, recipientes, anaqueles o áreas de almacenamiento de sustancias químicas peligrosas cumplen con las especificaciones de la norma.<br>Los trabajadores que realizan el manejo de las sustancias son capacitados conforme a los procedimientos de seguridad que son aplicables. |
| **NOM-023-STPS-2012**<br>Establece los requisitos mínimos de seguridad y salud en el trabajo para prevenir riesgos a los trabajadores en minas subterráneas y a cielo abierto. | La norma es obligatoria para todos los centros de trabajo donde se realicen actividades de exploración y explotación mineras, subterráneas o a cielo abierto.<br>En cumplimiento de las disposiciones generales de la norma, Compañía Minera Autlán observa las siguientes acciones:<br>• La empresa mantiene un programa de revisión y mantenimiento periódico del equipo, maquinaria y vehículos.<br>• Se cuenta con los procedimientos de seguridad para el desarrollo de las actividades de minado.<br>• En cada tuno de trabajo se realiza un reconocimiento de las condiciones de seguridad en los frentes de trabajo del tajo.<br>• Se proporciona al trabajador equipo de protección personal para el desempeño de sus actividades y se verifica su uso.<br>• El manejo y uso de explosivos es realizado solamente por trabajadores capacitados en ello. Su recepción, almacenamiento, manejo y uso, se realiza con el permiso de la Secretaría de la Defensa Nacional, y bajo procedimientos de seguridad estrictos.<br>• Se cuenta con un plan de atención a emergencias.<br>• Los trabajadores están integrados en un programa de vigilancia a la salud, y se les proporcionan espacios higiénicos para su alimentación, así como servicios sanitarios y de agua potable.<br>• Se aplica un programa de capacitación en materia de seguridad y salud laboral.<br>• Todos los avisos de incidentes, accidentes, condiciones y actos inseguros, son investigados, resueltos y se les da seguimiento. |

| Norma Oficial Mexicana | Vinculación con el proyecto |
|---|---|
| | • Se informa al personal de la empresa y a los contratistas, sobre los riegos y las reglas de seguridad del área en donde desarrollan sus actividades.<br>• Se cuenta con un análisis de riesgos, que identifica y evalúa los peligros, con base en el cual se implementan controles y medidas de prevención, protección y control.<br>Las disposiciones particulares para las minas a cielo abierto (numeral 9) se han observado de la siguiente manera:<br>• Se cuenta con los estudios geológicos, geotécnicos e hidrológicos que señala la norma.<br>• Se cuenta con planos de las operaciones que cumplen con los requisitos de la norma. Éstos se actualizan de acuerdo con el avance de la mina.<br>• Se cuenta con procedimientos de seguridad en el desarrollo de excavaciones y estabilidad del terreno, carga y descarga de material, voladuras, y transporte de trabajadores y materiales. Dichos procedimientos cumplen con las disposiciones normativas.<br>• Se cuenta con un plan de prevención y protección contra incendios, que cumple con la NOM-002-STPS-2010. El plan incluye la disposición de extintores, de adecuada capacidad, en áreas estratégicas de la unidad minera.<br>• Los polvorines cuentan con autorización de la Secretaría de la Defensa Nacional. Sus características, materiales y especificaciones constructivas, se ajustan a las disposiciones normativas.<br>• Las instalaciones eléctricas cuentan con planos detallados, manuales y procedimientos conforme lo indica la norma. Su mantenimiento se realiza periódicamente y bajo procedimientos de seguridad.<br>• Se cuenta con un listado actualizado de la maquinaria y equipo, así como un programa de mantenimiento preventivo y correctivo, y procedimientos de seguridad para su manejo.<br>• Se cuenta con obras de control hídrico para evitar inundaciones y evitar contaminación.<br>• Las disposiciones relativas a las minas subterráneas (numeral 8) serán observadas cuando se autoricen dichas actividades. |
| **NOM-026-STPS-2008**<br>Establece los colores y señales de seguridad e higiene, así como la identificación de riesgos por fluidos conducidos por tuberías. | La empresa capacita a sus trabajadores y contratistas sobre la correcta interpretación de los elementos de señalización de las diferentes áreas de las unidades.<br>Las señalizaciones reciben mantenimiento regular, para garantizar su visibilidad y legibilidad.<br>Los colores de seguridad que se emplean en la unidad minera cumplen con las tablas 1 y 2 de la norma. Las señales de seguridad e higiene se ajustan a las formas que indica la Tabla 3 de la norma, así como con tamaños y disposición de colores indicados. |

# III.8. Instrumentos Sectoriales

## III.8.1. Plan Nacional de Desarrollo

De acuerdo con la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos, el Plan Nacional de Desarrollo es el instrumento de planeación que establece los objetivos nacionales, las estrategias y las prioridades que durante la administración en curso deberán regir la acción del gobierno.

Dicho Plan establece los objetivos y estrategias nacionales que serán la base para los programas sectoriales, especiales, institucionales y regionales que emanan de éste.

El Plan Nacional de Desarrollo 2019-2024, aún vigente, cuenta con tres ejes centrales: Política y Gobierno, Política Social y Economía, cada uno de los cuales cuenta con objetivos y programas asociados. Algunos de los temas que aborda el Plan Nacional de Desarrollo son la seguridad pública, la protección al medio ambiente, la política social, la economía, la educación, la salud, la cultura, la agricultura, el desarrollo urbano y la vivienda.

El Plan aborda el desarrollo sustentable como parte de la política social y plantea considerar en toda circunstancia los impactos que tendrán sus políticas y programas en el tejido social, en la ecología y en los horizontes políticos y económicos del país.

En cuanto al tema económico, el PND plantea impulsar la reactivación económica y lograr que la economía vuelva a crecer a tasas aceptables. Para ello se requiere, en primer lugar, del fortalecimiento del mercado interno, lo que se conseguirá con una política de recuperación salarial y una estrategia de creación masiva de empleos productivos, permanentes y bien remunerados.

En este marco general, el desarrollo del proyecto es compatible con las estrategias y prioridades postuladas en el Plan Nacional de Desarrollo 2019-2024, ya que contribuye a la reactivación económica nacional en un marco de respeto al medio ambiente, promoviendo la integración social y cultural de las comunidades y sujetándose a todas las regulaciones que establece el marco jurídico para lograr un desarrollo sustentable.

### III.8.2. Programa Sectorial de Medio Ambiente y Recursos Naturales

El Programa Sectorial de Medio Ambiente y Recursos Naturales 2020-2024 (PROMARNAT), elaborado por la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT), establece los objetivos y estrategias prioritarias para el sector ambiental durante el sexenio.

El Programa fue publicado en el Diario Oficial de la Federación el 7 de julio de 2020 y es de observancia obligatoria para las dependencias y entidades de la Administración Pública Federal, en el ámbito de sus respectivas competencias. Algunos de los temas que aborda el programa son:

- Actualizar y fortalecer el marco normativo y regulatorio ambiental en materia de emisiones, descargas, residuos peligrosos y transferencia de contaminantes.
- Regular las actividades productivas y fortalecer la coordinación del manejo del fuego, de la detección y control de plagas y especies exóticas invasoras, a fin de mantener la integridad de los ecosistemas y servicios ambientales.
- Fortalecer esquemas de aprovechamiento sustentable extractivos y no extractivos de la biodiversidad, considerando prácticas tradicionales y promoviendo la participación en términos de género, curso de vida, comunidades y pueblos indígenas y afromexicanos.
- Armonizar la política ambiental con la política energética, promoviendo el uso de energías limpias y renovables.
- Promover la participación ciudadana en la gestión ambiental, a través de la transparencia, la rendición de cuentas y la consulta pública.

El programa establece una serie de directrices y objetivos relacionados con la minería en México, enfocándose en la sostenibilidad y la protección del medio ambiente. Algunos puntos clave planteados son:

**Regulación y Supervisión:** se busca fortalecer la regulación y supervisión de las actividades mineras para asegurar que cumplan con las normativas ambientales. Esto incluye la evaluación de impacto ambiental y el cumplimiento de las obligaciones de restauración de los ecosistemas afectados.

**Sostenibilidad:** el programa promueve prácticas mineras sostenibles que minimicen el impacto ambiental. Esto implica la implementación de tecnologías limpias y la gestión adecuada de los recursos naturales.

**Participación Comunitaria:** se enfatiza la importancia de la participación de las comunidades locales en la toma de decisiones relacionadas con proyectos mineros. Se busca fomentar un diálogo abierto entre las empresas mineras, el gobierno y las comunidades afectadas.

**Restauración de Ecosistemas:** se establece la necesidad de llevar a cabo acciones de restauración y rehabilitación de los ecosistemas que han sido impactados por la minería, asegurando que se recuperen las condiciones ambientales previas a la actividad minera.

**Investigación y Desarrollo:** promueve la investigación y el desarrollo de nuevas tecnologías y métodos que reduzcan el impacto ambiental de la minería, así como el uso eficiente de los recursos.

Estos puntos reflejan un enfoque integral hacia la minería, buscando equilibrar el desarrollo económico con la conservación del medio ambiente y el bienestar social.

El Programa propone también varias medidas en relación con las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) y el cambio climático, entre las que se incluyen:

- Fortalecer las acciones con miras a una economía baja en carbono y una población, ecosistemas, sistemas productivos e infraestructura estratégica resilientes. La SEMARNAT buscará trabajar de la mano con los principales sectores generadores de emisiones para alcanzar la meta de limitar el incremento de la temperatura por debajo por los 1.5 °C.
- Establecer, fortalecer y fomentar, en coordinación con dependencias de la Administración Pública Federal, instrumentos de política y normativos para la mitigación y adaptación al cambio climático, incluyendo la promoción de tecnologías limpias y la reducción de emisiones de GEI.
- Promover la conservación y restauración de los ecosistemas y la biodiversidad, como una estrategia para mitigar y adaptarse al cambio climático.
- Fortalecer la capacidad de las comunidades y los gobiernos locales para enfrentar los impactos del cambio climático, a través de la promoción de la participación ciudadana y la implementación de medidas de adaptación.
- Fomentar la investigación y el desarrollo de tecnologías limpias y la innovación en materia de cambio climático, para promover la transición hacia una economía baja en carbono.

Estas medidas buscan contribuir a la mitigación y adaptación al cambio climático en México, y promover la transición hacia una economía baja en carbono y resiliente al cambio climático.

Las estrategias prioritarias y acciones del Programa que tienen correlación con el desarrollo del proyecto se describen en la Tabla III.31.

*Tabla III.31 Relación del proyecto con las estrategias y acciones del PROMARNAT 2019-2024*

| Objetivo Prioritario | Estrategia | Acción | Observancia del proyecto |
|---|---|---|---|
| 1.- Promover la conservación, protección, restauración y aprovechamiento sustentable de los ecosistemas y su biodiversidad con | 1.1.- Fomentar la conservación, protección y monitoreo de ecosistemas, agroecosistemas | 1.1.4.- Regular las actividades productivas y fortalecer la coordinación del manejo del | El desarrollo del proyecto se encuentra regulado por la autoridad ambiental y no |

| Objetivo Prioritario | Estrategia | Acción | Observancia del proyecto |
|---|---|---|---|
| enfoque territorial y de derechos humanos, considerando las regiones bioculturales, a fin de mantener ecosistemas funcionales que son la base del bienestar de la población. | y su biodiversidad para garantizar la provisión y calidad de sus servicios ambientales, considerando instrumentos normativos, usos, costumbres, tradiciones y cosmovisiones de pueblos indígenas, afromexicanos y comunidades locales. | fuego, de la detección y control de plagas y especies exóticas invasoras, a fin de mantener la integridad de los ecosistemas y los servicios ambientales. | causará la fragmentación de los ecosistemas, ni efectos adversos en la biodiversidad. |
| 2.- Fortalecer la acción climática a fin de transitar hacia una economía baja en carbono y una población, ecosistemas, sistemas productivos e infraestructura estratégica resilientes, con el apoyo de los conocimientos científicos, tradicionales y tecnológicos disponibles. | 2.2. Diseñar, establecer y coordinar políticas e instrumentos para reducir emisiones de gases y compuestos de efecto invernadero, así como promover y conservar sumideros de carbono, en concordancia con los compromisos nacionales e internacionales. | 2.2.5.- Establecer, fortalecer y fomentar, en coordinación con dependencias de la APF, instrumentos de política y normativos para la reducción de emisiones de GyCEI en sectores estratégicos con enfoque de economía circular para cumplir las metas nacionales e internacionales de cambio climático. | El proyecto se sujeta a los instrumentos normativos para la reducción de emisiones de GyCEI; además, la empresa opera bajo una política, estrategia y mecanismos internos, para la reducción de sus emisiones |
| 4.- Promover un entorno libre de contaminación del agua, el aire y el suelo que contribuya al ejercicio pleno del derecho a un medio ambiente sano. | 4.1.- Gestionar de manera eficaz, eficiente, transparente y participativa medidas de prevención, inspección, remediación y reparación del daño para prevenir y controlar la contaminación y la degradación. | 4.1.1.- Impulsar una gestión integral del desempeño ambiental y de monitoreo y evaluación con información de calidad, suficiente, constante y transparente para prevenir la contaminación y evitar la degradación ambiental. | El desarrollo del proyecto prioriza y mejora su desempeño ambiental con base en información de calidad, suficiente, constante y transparente para prevenir la contaminación y evitar la degradación ambiental. |
| | | 4.1.2.- Actualizar y fortalecer el marco normativo y regulatorio ambiental en materia de emisiones, descargas, residuos peligrosos y transferencia de contaminantes para prevenir, controlar, mitigar, remediar y reparar los daños ocasionados por la contaminación del aire, suelo y agua. | El proyecto se sujeta al cumplimiento irrestricto de las disposiciones normativas establecidas en materia de emisiones, descargas, residuos peligrosos y transferencia de contaminantes. |
| | | 4.1.3.- Promover, vigilar y verificar el cumplimiento del marco regulatorio y normativo en materia de recursos naturales, obras y actividades, incluyendo las empresariales, que puedan generar un impacto ambiental, para mantener la integridad del medio ambiente. | El desarrollo del proyecto se enmarca en el cumplimiento del marco regulatorio en materia ambiental, de sus instrumentos y las disposiciones normativas establecidas. |
| | | 4.1.4.- Fortalecer la planeación, gestión, inspección y vigilancia con enfoque de manejo del riesgo, que conserve el ambiente, mejore el desempeño de procesos, la integridad de instalaciones y salvaguarde las personas. | El proyecto se sujeta a estrictos programas de supervisión y vigilancia ambiental, así como de seguridad industrial y prevención de accidentes, que aseguran la conservación del ambiente y la integridad de las personas y de las instalaciones. |

| Objetivo Prioritario | Estrategia | Acción | Observancia del proyecto |
|---|---|---|---|
| | | 4.1.5.- Reducir y controlar la contaminación para evitar el deterioro de cuerpos de agua y sus impactos en la salud, mediante el reforzamiento de la normatividad y acciones coordinadas en áreas prioritarias. | El proyecto se desarrolla con estrictos controles y supervisión, que permiten prevenir la contaminación de cuerpos de agua. |

A partir de la tabla anterior es posible concluir que Compañía Minera Autlán desarrolla sus operaciones en congruencia con las acciones postuladas en el Programa Sectorial de Medio Ambiente y Recursos Naturales 2020-2024, toda vez que:

i. Las operaciones de las unidades Molango, Naopa y Nonoalco están reguladas y vigiladas por la autoridad ambiental.

ii. Las actividades que se desarrollan no causan la fragmentación de los ecosistemas, ni efectos adversos en la biodiversidad.

iii. El proyecto que se propone se sujetará a los instrumentos normativos para la reducción de emisiones gases y compuestos de efecto invernadero.

iv. Las instalaciones operan bajo altos estándares de desempeño ambiental, con base en información de calidad, suficiente, constante y transparente, para prevenir la contaminación y evitar la degradación ambiental.

v. El desarrollo del proyecto se enmarca en el cumplimiento irrestricto del marco regulatorio en materia ambiental, de sus instrumentos y de las disposiciones normativas establecidas.

vi. El proyecto se sujeta a estrictos programas de supervisión y vigilancia ambiental, así como de seguridad industrial y prevención de accidentes, que aseguran la conservación del ambiente y la integridad de las personas y de las instalaciones.

vii. Las operaciones del proyecto se realizan con estrictos controles y supervisión, que permitan prevenir la contaminación de cuerpos de agua.

### III.8.3. Estrategia Nacional de Cambio Climático

La Estrategia Nacional de Cambio Climático es uno de los instrumentos rectores en la materia a nivel nacional. Esta estrategia establece los objetivos, metas y líneas de acción prioritarias para la mitigación y adaptación al cambio climático en México. Busca promover la transición hacia una economía baja en carbono y resiliente al cambio climático, y establece medidas para la conservación y restauración de los ecosistemas y la biodiversidad.

La estrategia define tres ejes estratégicos en materia de adaptación:

1) Reducir la vulnerabilidad y aumentar la resiliencia del sector social ante los efectos del cambio climático
2) Reducir la vulnerabilidad y aumentar la resiliencia de la infraestructura estratégica y sistemas productivos ante los efectos del cambio climático
3) Conservar y usar de forma sustentable los ecosistemas y mantener los servicios ambientales que proveen.

Específicamente, para la industria minera, la estrategia promueve las siguientes objetivos:

- Que las empresas incorporen criterios de cambio climático en sus proyectos.
- Que las principales fuentes emisoras de GEI reporten su componente de emisiones en el Registro Nacional de Emisiones.
- Que las empresas reduzcan sus emisiones de gases y compuestos y aprovechan las oportunidades de eficiencia energética, ahorro de energía y uso de energías limpias y renovables.

De manera particular, para reducir las emisiones de Contaminantes Climáticos de Vida Corta, y contribuir a la reducción de impactos de cambio climático a nivel regional y a la disminución de las tendencias de calentamiento global en el corto plazo, la estrategia propone diversas Líneas de Acción. De ellas, por su relación con el proyecto que se analiza, destacan las siguientes:

**Mitigación de Emisiones:**

- **Reducción de Gases de Efecto Invernadero:** promueve la disminución de emisiones provenientes de actividades industriales, incluida la minería, que es reconocida por su alta huella de carbono debido a su dependencia de fuentes energéticas fósiles. Se busca transitar hacia un modelo energético más sostenible, priorizando el uso de energías renovables.
- **Eficiencia Energética:** se enfatiza la necesidad de aumentar la eficiencia en el uso de recursos, tanto energéticos como hídricos, para reducir el impacto ambiental de la minería. Esto incluye la implementación de tecnologías más limpias y eficientes en los procesos mineros.

**Adaptación al Cambio Climático:**

- **Gestión de Recursos Hídricos:** dada la alta demanda de agua en la minería, la estrategia subraya la importancia de evaluar y mejorar la huella hídrica del sector. Se promueve el uso de fuentes alternativas de agua y la implementación de prácticas de reuso y eficiencia para asegurar la continuidad de las operaciones mineras en un contexto de escasez hídrica.
- **Planes de Adaptación:** se incentiva la elaboración de planes de adaptación que consideren los riesgos asociados al cambio climático, así como la planificación de infraestructuras que sean resilientes a eventos climáticos extremos. Esto incluye la recuperación de ecosistemas degradados por la actividad minera.

**Colaboración y Capacitación:**

- **Fortalecimiento de Capacidades:** promueve la capacitación de actores del sector minero para mejorar su comprensión sobre el cambio climático y fomentar prácticas que reduzcan la vulnerabilidad del sector. Esto incluye la participación de comunidades locales y pueblos indígenas en la formulación de estrategias de adaptación.
- **Alianzas Estratégicas:** se busca consolidar alianzas entre el gobierno, la industria y la sociedad civil para crear un frente común en la lucha contra el cambio climático, lo que incluye la promoción de un desarrollo sostenible y competitivo en el sector minero.

Algunos de los indicadores del desempeño ambiental de Compañía Minera Autlán en las unidades de Molango, Naopa y Nonoalco se indican en la Tabla III.32.

*Tabla III.32 Indicadores de desempeño ambiental de Compañía Minera Autlán*

| Categoría | Indicador |
|---|---|
| Gestión del Agua | Plantas de tratamiento operativas: 6 (Molango: 3, Naopa: 2, Nonoalco: 1) |
| | Porcentaje de agua tratada reutilizada: +24 % respecto a 2021 |

| Categoría | Indicador |
|---|---|
| | Incremento en agua reciclada: +18.5 % en 2023 |
| | Reducción en el consumo total de agua: 5 % en 2023 |
| | Cero descargas industriales en procesos de beneficio |
| | Concesiones vigentes de CONAGUA para uso y descarga |
| **Residuos y Manejo de Materiales** | Manejo de residuos peligrosos conforme a plan autorizado |
| | Reprocesamiento de jales en Nonoalco |
| | Disposición de estériles en tepetateras conforme a la normatividad |
| | Disposición de residuos de nodulización en planta externa (Tamos, Veracruz) |
| | Planes de cierre y restauración ambiental vigentes |
| **Calidad del Aire y Emisiones** | Instalación de colectores de polvos en Molango y Nonoalco |
| | Monitoreo trimestral de PM2.5 y PM10 según NOM-025-SSA1-2021 |
| | Cumplimiento de límites permisibles de emisiones (último resultado: septiembre 2023) |
| | Presentación anual de la Cédula de Operación Anual (COA) |
| **Energía y Cambio Climático** | Estimación y reporte de emisiones GEI en el Registro Nacional de Emisiones (RENE) |
| | Cumplimiento de la Ley General de Cambio Climático y su reglamento |
| **Biodiversidad y Restauración** | 8 especies de flora y 16 de fauna en riesgo identificadas |
| | Restauración de 5.9 ha al año 2023 |
| | Conservación de 87.86 ha reforestadas con 90 % de supervivencia |
| | Conservación de 2,584.5 ha en convenio con CONAFOR |
| | Producción anual de 100,000 plantas en 4 viveros |
| | Donación de 75,789 plantas para reforestación |
| **Suelo y Uso de Territorio** | Autorizaciones vigentes de cambio de uso de suelo forestal (7 oficios) |
| | Aplicación de programas de reforestación, conservación, revegetación y restauración |
| | Conservación del suelo mediante almacenamiento y uso de residuos vegetales |
| **Cumplimiento Normativo** | Presentación de COA y cumplimiento de normatividad federal |
| | Dictamen de SEMARNAT: horno giratorio de Molango no es Actividad Altamente Riesgosa |
| | Almacenamiento de diésel por debajo del umbral normativo para Actividad Altamente Riesgosa |
| | Permisos de explosivos vigentes (4917-Hgo y 61-Hgo) |
| | Autorizaciones en materia de impacto ambiental vigentes en Molango (Acuatitla) y Naopa |

### III.8.3.1. Programa Especial de Cambio Climático 2021-2024

El Programa Especial de Cambio Climático 2021-2024 (PECC) es un instrumento nacional derivado del Plan Nacional de Desarrollo, publicado en noviembre de 2021. Este programa busca la implementación de acciones que permitan al país enfrentar los impactos negativos del cambio climático, estableciendo para ello los objetivos, metas y líneas de acción prioritarias para la mitigación y adaptación al cambio climático en México.

Particularmente, el PECC establece medidas para:

- Promover la transición hacia una economía baja en carbono y resiliente al cambio climático, a través de la promoción de tecnologías limpias y la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero.
- Promover la conservación y restauración de los ecosistemas y la biodiversidad, como una estrategia para mitigar y adaptarse al cambio climático.
- Fortalecer la capacidad de las comunidades y los gobiernos locales para enfrentar los impactos del cambio climático, a través de la promoción de la participación ciudadana y la implementación de medidas de adaptación.

- Fomentar
  la investigación y el desarrollo de tecnologías limpias y la innovación en materia de cambio climático, para promover la transición hacia una economía baja en carbono.

En el contexto del Programa Especial de Cambio Climático y en armonía con los objetivos de la Estrategia Nacional de Cambio Climático, el proyecto se sujeta al reporte de sus emisiones, conforme lo dicta la autoridad, y, asimismo, adopta el compromiso de reducir en lo máximo posible sus emisiones.

### III.8.3.2. Análisis de vulnerabilidad y adaptación del proyecto al cambio climático

Compañía Minera Autlán ha implementado en sus operaciones diversas medidas de mitigación y adaptación al cambio climático, entre las que destacan las siguientes:

1) Creación y mantenimiento de viveros, así como plantación en la región y donación de árboles de especies nativas.
2) Desarrollo de controles operativos para aumentar la reutilización del volumen de agua.
3) En la Unidad Nonoalco se adquirió un filtro prensa para recuperar agua a través de la filtración de lodos por presión.
4) Implementación de mejoras de eficiencia energética para consumir menos combustibles y energía eléctrica dentro de las operaciones.
5) Construcción de obras hidráulicas para el control de los escurrimientos de agua superficial.
6) Obras para el control de la erosión y mejoramiento del suelo.
7) Reforestación.
8) Utilización de equipos con mayor eficiencia energética.
9) Diseños bioclimáticos de las instalaciones.
10) Tratamiento y reutilización del agua residual.
11) Uso eficiente del agua.
12) Construir relaciones con las comunidades locales para comunicar las acciones de adaptación, riesgos potenciales y sistemas de alerta temprana.

## III.9. Acuerdos y tratados internacionales

Ninguno de los tratados o acuerdos internacionales suscritos por el Gobierno Mexicano se correlaciona con las actividades del proyecto.

## III.10. Factibilidad jurídica del proyecto

La factibilidad jurídica de un proyecto de desarrollo está directamente relacionada con el cumplimiento que éste dé a todas las normativas y regulaciones que le son aplicables en el contexto en que se desarrollará.

En el caso particular del proyecto **Distrito Minero Autlán,** al constituir la integración de instalaciones mineras existentes, unas previas a la LGEEPA, y otras ya autorizadas en materia de impacto ambiental, que supone la incorporación de nuevas áreas y actividades, la factibilidad jurídica está determinada por licitud de estas últimas.

A partir del análisis expuesto en los apartados precedentes, es posible establecer que **el proyecto Distrito Minero Autlán es jurídicamente factible**, debido a las siguientes consideraciones:

**Respecto del cumplimiento normativo de las obras y actividades existentes:**

- Compañía Minera Autlán ostenta los derechos de explotación en los sitios donde se realiza el minado superficial (unidad Naopa) y subterráneo (unidad Molango), en donde, además, posee la propiedad y derechos de uso de la tierra.
- Compañía Minera Autlán ha cumplido con las obligaciones de la Ley de Minería que le son aplicables como titular de las concesiones otorgadas, entre ellas:
    - Las obras y trabajos previstos por la ley se ejecutan en los términos y condiciones que ésta y su reglamento establecen, e informando de ello a la Secretaría.
    - Los derechos sobre minería, contribuciones, aprovechamientos y contraprestaciones aplicables se pagan puntualmente.
    - Las actividades de explotación se han realizado con apego a las disposiciones normativas que las rigen.
    - Las tepetateras operativas y la nueva que se pretende incorporar no inciden en áreas naturales protegidas, humedales, vasos, cauces, zonas federales, zonas de protección u otros bienes nacionales, ni en lugares donde puedan afectar núcleos de población.
    - El proyecto **Distrito Minero Autlán** contará con un Plan de Cierre y Restauración integral.
    - La empresa realiza el tratamiento de toda el agua residual que generan las tres unidades, y aprovecha el agua tratada para el control de polvos, el vivero y en el riego de áreas verdes.
- La unidad Naopa cuenta con autorizaciones vigentes en materia de impacto ambiental y la unidad Molango con una. En todos los casos se ha dado y se mantiene el cumplimiento de los términos y condicionantes impuestas.
- Las tres unidades cuentan con Licencia Ambiental Única.
- La empresa ha desarrollado las obras, instalaciones y actividades autorizadas en los términos y condiciones establecidos en sus resoluciones, respetando en todo momento las superficies y actividades autorizadas.
- La compañía ha dado cumplimiento a los términos y condicionantes establecidos en las autorizaciones de impacto ambiental con que cuentan sus instalaciones, así como a las medidas de control, prevención y mitigación de impactos ambientales establecidas.

  Las medidas ambientales forman parte de un Programa de Vigilancia Ambiental, el cual está conformado por múltiples programas específicos, entre los que destacan los siguientes:

  - Programa de Cultura del Agua.

  - Programa de Mantenimiento de Infraestructura, Maquinaria, Equipo y Plantas de Tratamiento.

  - Programa de Reciclaje de Agua.

- Programa de
Riego de Caminos.

- Programa de Espreado en Áreas de Proceso, Embarque y Desembarque de Mineral.

- Programa de Manejo de Agua de Laboreo.

- Programa de Manejo de Agua Pluvial.

- Programa de Mantenimiento de Maquinaria y Equipo.

- Programa de Estudios Isocinéticos y de Gases de Combustión.

- Programa de Operación de Equipos de Medición en Chimenea y Estación.

- Programa de Mantenimiento de Fuentes Fijas (operación, vigilancia de instalaciones y sistemas de control).

- Programa de Vigilancia Ambiental Participativa.

- Programa de Protección de Flora y Fauna.

- Programa de Rescate de Especies.

- Programa de Educación Ambiental.

- Programa de Estabilidad de Taludes.

- Programa de Control de Escorrentías.

- Programa de Manejo de Residuos Peligrosos.

- Programa de Manejo de Residuos de Manejo Especial.

- Programa de Reciclaje de Residuos Sólidos Urbanos.

- Programa de Manejo de Residuos Minero-Metalúrgicos.

- Programa de Mantenimiento de Cortinas en depósitos de jales.

- Programa para Construcción de Terrazas para Estabilización de Depósitos.

- Programa de Reciclaje.

- Programa de Análisis de Riesgos.

- Programa de Atención y Respuesta a Emergencias.

- Programa de Mantenimiento y Vigilancia de depósitos de jales.

- Programa de Inclusión de Áreas que Iniciaron Operaciones Previas a la LGEEPA.

- Programa de Reforestación.

- Programa de Terraplenes.

- Programa de Restauración de Áreas Fuera de Operación.

- Programa de Cierre de Minas.

Dicho cumplimiento puede constatarse en los expedientes integrados por la Dirección General de Impacto y Riesgo Ambiental, y la Representación de SEMARNAT en Hidalgo.

- En acatamiento de las disposiciones de la LGEEPA en materia flora y fauna silvestre, se han ejecutado acciones ambientales, validadas por la autoridad, con el propósito de prevenir y mitigar efectos adversos en las poblaciones de flora y fauna silvestres de la zona.

- Las disposiciones de la LGEEPA en materia de aprovechamiento sustentable del agua y de la Ley de Aguas Nacionales y su reglamento, se han cumplido, ya que Compañía Minera Autlán cuenta con los Derechos de Agua y Permisos de Descarga respaldados por seis Títulos de Concesión.
- Para cumplir con las disposiciones de la LGEEPA relativas a la preservación del suelo, la empresa desarrolla acciones específicas de preservación, a través de los siguientes programas:

  - Programa de Manejo de Agua Pluvial.
  - Programa de Mantenimiento de Maquinaria y Equipo.
  - Programa de Estabilidad de Taludes.
  - Programa de Control de Escorrentías.
  - Programas de Manejo de Residuos.
  - Programa de Mantenimiento de Cortinas en depósitos de jales.
  - Programa para Construcción de Terrazas para Estabilización de Depósitos.
  - Programa de Mantenimiento y Vigilancia de depósitos de jales.
  - Programa de Reforestación.
  - Programa de Terraplenes.
  - Programa de Restauración de Áreas Fuera de Operación.
- En cuanto a las disposiciones particulares que la LGEEPA establece para la explotación de los recursos no renovables, Compañía Minera Autlán ha dado cumplimiento a la Normas Oficiales Mexicanas NOM-157-SEMARNAT-2009 (planes de manejo de residuos mineros metalúrgicos).
- En cumplimiento de las disposiciones de la LGEEPA y de su reglamento en materia de prevención y control de la contaminación de la atmósfera, la empresa ha instalado equipos de control de alta eficiencia. Además, realiza el monitoreo regular y medición de sus emisiones, las registra y las reporta a la autoridad a través de las Cédulas de Operación Anual (COA) de las tres unidades.
- Para cumplir con las disposiciones de la LGEEPA relativas a la prevención y control de la contaminación, y el manejo de materiales y residuos peligrosos, así como las establecidas por la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos y su reglamento, la unidad minera sujeta los residuos mineros, peligrosos y de manejo especial que genera a los planes de manejo respectivos.
- Compañía Minera Autlán se encuentra registrada ante SEMARNAT como Generador de Residuos Peligrosos y reporta y actualiza el volumen anual de residuos peligrosos que genera cada una de sus unidades, a través de la Licencias Ambientales Únicas correspondientes. Además, cuenta con el Registro y la Autorización del Programa de Manejo de Residuos Peligrosos y de dos Programas de Manejo de Residuos Mineros. Metalúrgicos
- En cumplimiento de la Ley General de Cambio Climático y su reglamento en materia del Registro Nacional de Emisiones, la empresa identifica sus emisiones directas e indirectas de GEI, las calcula y reporta anualmente a la Secretaría a través de las Cédulas de Operación Anual.
- Respecto de las disposiciones de la LGEEPA relacionadas con el desarrollo de actividades altamente riesgosas, ninguna de las unidades maneja sustancias descritas en los listados que norman esta materia. Además, la autoridad ha determinado que la cantidad de gas natural que maneja la estación de recepción y la red interna de distribución, no presentan características de volumen y dimensiones para ser consideradas actividades

altamente
riesgosas. Asimismo, el almacenamiento de combustible no supera el volumen requerido para tratarse como actividad altamente riesgosa.

- En cumplimiento a la Ley Federal de Protección del Patrimonio Cultural de los Pueblos y Comunidades Indígenas y Afromexicanas, debido a su antigüedad y política de desarrollo social, Compañía Minera Autlán tiene reconocimiento y aceptación por las comunidades de la región.
- En cuanto al cumplimiento de la Ley Federal de Amas de Fuego y Explosivos, Compañía Minera Autlán cuenta con los Permisos Generales de Explosivos No. 4917-Hgo y 61-Hgo, que autorizan el almacenamiento y uso de Nitrato de Amonio y artificios.
- Como se muestra en el Apartado III.7, el desarrollo del proyecto se ha realizado con estricto apego a las normas oficiales mexicanas en materia ambiental que le son aplicables, tanto de manera general (NOM-001-SEMARNAT-2021, NOM-043-SEMARNAT-1993, NOM-085-SEMARNAT-2011, NOM-080-SEMARNAT-1994, NOM-081-SEMARNAT-1994, NOM-052-SEMARNAT-2005, NOM-053-SEMARNAT-1993, NOM-054-SEMARNAT-1993, NOM-161-SEMARNAT-2011 y NOM-083-SEMARNAT-2003. Adicionalmente a las anteriores, se cumple con la NOM-157-SEMARNAT-2009, que regula específicamente el manejo de residuos mineros.
- Adicionalmente, se han observado las disposiciones de diversas normas oficiales de referencia que, sin ser vinculantes con las actividades del proyecto, se han considerado en la ejecución de los estudios de caracterización ambiental y programas de monitoreo (NOM-127-SSA1-2021, NOM-003-SEMARNAT-1997, C-CCA-001/89, NOM-021-SSA1-2021, NOM-022-SSA1-2019, NOM-023-SSA1-2021, NOM-025-SSA1-2021, NOM-026-SSA1-2021 y NOM-059-SEMARNAT-2010).
- Otras normas oficiales observadas en la unidad minera, son las relacionadas con la seguridad y ambiente laboral (NOM-002-STPS-2010, NOM-010-STPS-2014, NOM-017-STPS-2008, NOM-018-STPS-2015, NOM-023-STPS-2012 y NOM-026-STPS-2008, entre las más importantes).
- En el ámbito estatal, Compañía Minera Autlán ha dado cumplimiento a las disposiciones de la Ley de Residuos Sólidos para el estado de Zacatecas y su reglamento, registrando el Plan de Manejo de Residuos de Manejo Especial ante la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales del estado.
- En el ámbito municipal, se cuenta con las Licencias de Uso de Suelo de las tres unidades, otorgadas por los municipios de Lolotla, Tepehuacán de Guerrero, Tlanchinol, Molango y Xochicoatlán.

**Respecto del emplazamiento del proyecto:**

- El proyecto no incursiona en ningún Área Natural Protegida de carácter federal, estatal o municipal.
- Las obras y actividades no contravienen ninguna de las políticas ambientales y estrategias que establece el POEGT para las dos unidades ambientales en donde se sitúa el proyecto:
    - Ambas unidades ambientales tienen una política ambiental de Restauración y Aprovechamiento Sustentable la UAB-117, y de Aprovechamiento Sustentable la UAB-30, con las cuales es compatible el proyecto.
    - Las unidades tienen nula (UAB-117) y media presencia (UAB-40) de áreas naturales protegida. El ANP más próxima al proyecto es la Reserva de la Biosfera Barranca de Metztitlán, en la que no incursionan las operaciones.
    - En ambas unidades el porcentaje de zonas urbanas es muy bajo y la densidad de población es muy baja, y la marginación social es alta.

- En ambas
  unidades la importancia de la actividad minera es alta y en la UAB-117 se constituye también como uno de los ejes coadyuvante de desarrollo.
- Las actividades del proyecto se encuentran ampliamente reguladas en materia ambiental, e incorpora planes, programas y medidas de protección ambiental.
- Como parte de las evaluaciones de impacto ambiental previas a componentes del proyecto, se identificaron y valoraron los posibles efectos adversos de las actividades sobre los ecosistemas y, en consecuencia, se propusieron medidas para su prevención y mitigación. Las medidas fueron validadas por la autoridad en las autorizaciones de impacto ambiental y de cambio de uso del suelo otorgadas, y han sido ejecutadas por la empresa. Además, en esta MIA-R se proponen medidas de mitigación adecuadas y suficientes, para los impactos ambientales de las nuevas actividades que se proponen.
- Como parte de los estudios realizados para obtener la autorización de cambio de uso de suelo de algunos componentes del proyecto, se realizó el análisis y la valoración de los servicios ambientales del área. Con base en dicha valoración, se propusieron medidas, que han sido ejecutadas, encaminadas a reducir, mitigar, atenuar o, en su caso, eliminar los efectos adversos de las actividades y obras mineras sobre los servicios ambientales del sitio. Con el estudio realizado para solicitar el cambio de uso de suelo de terrenos forestales de la nueva obra del proyecto, se proponen también medidas de mitigación adicionales.
- Aunque el proyecto integra tres unidades mineras, ocupa la superficie mínima suficiente para desarrollar sus operaciones de manera segura. La remoción de vegetación se ha ajustado a la superficie previamente autorizada para el cambio de uso de suelo de terrenos forestales.
- Antes de la preparación del sitio para la conformación de la nueva área de depósito de tepetate, se ejecutarán labores de recuperación de individuos de especies en riesgo. Los individuos de fauna recuperados se relocalizarán en sitios sin afectación y los de flora se conservarán en el vivero de la empresa.
- La empresa realiza el monitoreo permanente de la calidad del agua de sus procesos, descargas y varios sitios en las inmediaciones de sus operaciones.
- Como parte de su modelo de gestión ambiental, Compañía Minera Autlán desarrolla un Plan de Manejo Ambiental en sus instalaciones, el cual agrupa numerosos programas orientados al cuidado del medio ambiente. Entre ellos destacan los siguientes:
  - Programa de Cultura del Agua.
  - Programa de Reciclaje de Agua.
  - Programa de Manejo de Agua Pluvial.
  - Programa de Control de Escorrentías.
  - Programa de Protección de Flora y Fauna.
  - Programa de Rescate de Especies.
  - Programa de Reforestación.
  - Programa de Vigilancia Ambiental.
  - Programa de Vigilancia Ambiental Participativa.
  - Programa de Monitoreo de la Calidad del Aire.
  - Programa de Monitoreo de la Calidad del Agua.

  - La empresa opera con una política de responsabilidad social corporativa e implementa múltiples programas sociales encaminados al desarrollo e inclusión social, y el desarrollo de capacidades en las comunidades vecinas.
  - Al concluir la vida útil de las operaciones, se desarrollará un Plan de Cierre y Restauración orientado a la recuperación de la vegetación nativa y la vocación del suelo.

- Con respecto al Programa de Ordenamiento Ecológico y Territorial del Estado de Hidalgo, el análisis expuesto permite concluir que la ejecución de las nuevas obras y actividades del proyecto no contravienen las políticas, lineamientos y criterios ecológicos que establece este instrumento en las unidades de gestión ambiental en donde tiene incidencia. Los usos del suelo correspondientes son compatibles condicionados.
- En las demarcaciones municipales de incidencia no existen programas de ordenamiento ecológico y territorial que definan usos del suelo. Las unidades Molango y Nonoalco cuentan con Licencias de Uso del Suelo emitidas por las autoridades municipales en el año 1993.

**Respecto de las nuevas obras y actividades por desarrollar:**

- El Proyecto **Distrito Minero Autlán** que se somete a consideración de la autoridad ambiental a través de esta MIA-R, tiene el propósito de integrar en una sola resolución de impacto ambiental la gestión ambiental de las tres unidades que lo componen, incluyendo a aquéllas que operan desde antes de la promulgación de la LGEEPA, al mismo tiempo que se solicita la autorización para el desarrollo de nuevas obras y actividades.
- Las nuevas obras y actividades planteadas tienen el propósito de:
  - Mejorar la producción de la unidad Naopa, con la integración de una nueva tepetatera para el depósito de material estéril, que permitirá continuar con las operaciones de minado a cielo abierto.
  - Disponer de un sitio para el confinamiento seguro y controlado de los residuos sólidos urbanos.
  - Generar información geológica relevante sobre las reservas disponibles en el yacimiento de manganeso y ampliar el conocimiento del Distrito Manganesífero de Molango.
  - Integrar nuevas áreas verdes de conservación en el entorno de las tres unidades.
- Todos los polígonos de las nuevas áreas y obras se encuentran en terrenos donde la empresa es propietaria o cuenta con los derechos de uso de la tierra. Además, en su mayor parte, inciden en superficies inmersas en áreas que tuvieron uso minero o agropecuario en el pasado.
- La conformación de la nueva tepetatera requerirá el desmonte de en 37.9590 ha de superficie forestal, adicional a la ya autorizada, por lo que además de la autorización de impacto y riesgo ambiental, se tramitará la correspondiente en materia de cambio de uso de suelo de terrenos forestales.
- Los requerimientos de agua para las operaciones no se incrementarán.
- No se modificarán los procesos de beneficio.
- La evaluación de los impactos ambientales asociados con las nuevas obras y actividades indica que no se generarán impactos diferentes de los que ya han sido evaluados por la autoridad para las unidades Naopa y Molango.
- La empresa dará continuidad a las medidas de prevención, mitigación y control de impactos ambientales que actualmente se ejecutan, así como a los programas específicos que integran el Programa de Vigilancia

Ambiental.
Asimismo, se continuará dando estricto cumplimiento al marco regulatorio y las normas oficiales mexicanas de protección ambiental, aplicables a la naturaleza del proyecto.

- Las instalaciones de las tres unidades operan bajo altos estándares de desempeño ambiental, con base en información de calidad, suficiente, constante y transparente, para prevenir la contaminación y evitar la degradación ambiental.
- Las operaciones continuarán desarrollándose bajo estrictos programas de supervisión y vigilancia ambiental, así como de seguridad industrial y prevención de accidentes, que aseguran la conservación del ambiente y la integridad de las personas y de las instalaciones.
- El proyecto propuesto no contraviene la normatividad jurídica y de planeación ambiental vigente que le es aplicable por su naturaleza y emplazamiento; y tampoco propicia que las especies de la región san declaradas como amenazadas o en peligro de extinción, ni afecta a dichas especies. De ello se desprende que no existen criterios ni disposiciones legales que restrinjan su factibilidad, tal como indica el párrafo segundo y fracción III del artículo 35 de la LGEEPA.

MIA

Manifestación de Impacto Ambiental Modalidad Regional

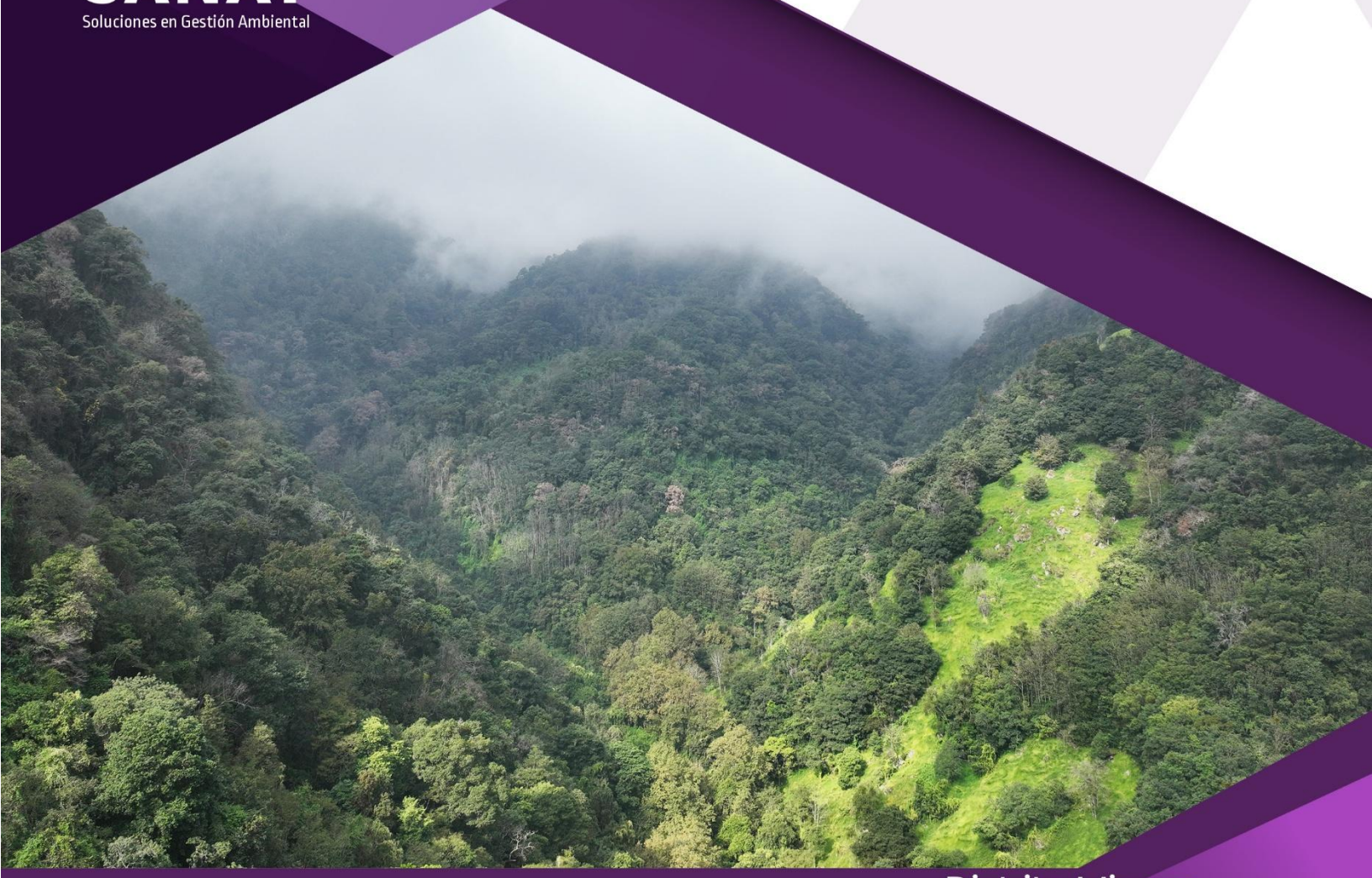
AUTLAN®

# Capítulo IV.

## Descripción del sistema ambiental regional y señalamiento de tendencias del desarrollo y deterioro de la región

SANAT

Soluciones en Gestión Ambiental



Distrito Minero AUTLÁN

# ÍNDICE GENERAL

IV. Descripción del sistema ambiental regional y señalamiento de tendencias del desarrollo y deterioro de la región 1

IV.1. Delimitación y justificación del Sistema Ambiental Regional (SAR) ..... 1

IV.1.1. Consideraciones preliminares ..... 1

IV.1.2. Ubicación del predio del proyecto ..... 2

IV.1.3. Criterios para la delimitación del sistema ambiental regional ..... 4

IV.1.3.1. Área de influencia ..... 9

IV.2. Caracterización y análisis del sistema ambiental regional ..... 11

IV.2.1. Regiones de interés ambiental ..... 11

IV.2.1.1. Áreas naturales protegidas ..... 11

IV.2.1.1.1. Áreas naturales protegidas federales ..... 12

IV.2.1.1.2. Áreas naturales protegidas estatales ..... 15

IV.2.1.1.3. Áreas naturales protegidas municipales ..... 17

IV.2.1.2. Regiones prioritarias ..... 20

IV.2.1.2.1. Regiones terrestres prioritarias (RTP) ..... 20

IV.2.1.2.2. Regiones hidrológicas prioritarias ..... 23

IV.2.1.2.3. Áreas de importancia para la conservación de las aves (AICA) ..... 25

IV.2.1.2.4. Sitios RAMSAR ..... 27

IV.3. Caracterización y análisis retrospectivo de la calidad ambiental del SAR ..... 29

IV.3.1. Medio abiótico ..... 29

IV.3.1.1. Clima ..... 29

IV.3.1.1.1. Clasificación climática ..... 29

IV.3.1.1.1.1. Temperaturas máximas, media y mínimas ..... 37

IV.3.1.1.1.2. Evaporación ..... 37

IV.3.1.1.1.3. Precipitación ..... 38

IV.3.1.1.1.4. Granizadas ..... 39

IV.3.1.2. Ciclones tropicales ..... 42
IV.3.1.3. Vientos ..... 48
IV.3.1.4. Heladas ..... 51
IV.3.1.5. Aire ..... 54
IV.3.1.5.1. Inventario de emisiones de contaminantes criterio ..... 59
IV.3.1.5.1.1. Emisiones de contaminantes criterio a nivel estatal ..... 60
IV.3.1.5.1.2. Emisiones de contaminantes criterio a nivel municipal ..... 62
IV.3.1.6. Ambiente sonoro ..... 66
IV.3.1.7. Fisiografía, geología y geomorfología ..... 72
IV.3.1.7.1. Fisiografía ..... 72
IV.3.1.7.2. Relieve ..... 78
IV.3.1.7.3. Geología ..... 83
IV.3.1.7.4. Evaluación de zonas potenciales de deslave ..... 90
IV.3.1.7.4.1. Metodología empleada ..... 90
IV.3.1.7.4.2. Resultados de zonas potenciales de deslave ..... 91
IV.3.1.8. Sismicidad ..... 93
IV.3.1.9. Suelos ..... 103
IV.3.1.9.1. Identificación de los tipos de suelo presentes a nivel del SAR del proyecto ..... 103
IV.3.1.9.2. Degradación del suelo ..... 109
IV.3.1.9.3. Determinación de pérdida de suelo por erosión hídrica en el SAR ..... 116
IV.3.1.10. Hidrología ..... 127
IV.3.1.10.1. Hidrología superficial ..... 129
IV.3.1.10.1.1. Cuerpos de agua superficiales ..... 129
IV.3.1.10.1.2. Calidad del agua superficial ..... 131
IV.3.1.10.2. Hidrología subterránea ..... 136
IV.3.1.10.2.1. Descripción de los acuíferos del SAR ..... 138
IV.3.1.10.2.2. Calidad del agua subterránea ..... 143
IV.3.2. Medio biótico ..... 147

IV.3.2.1. Usos de suelo y vegetación ..... 147

IV.3.2.1.1. Usos de suelo ..... 152

IV.3.2.1.1.1. Agricultura de temporal. ..... 152

IV.3.2.1.1.2. Pastizal cultivado e inducido ..... 152

IV.3.2.1.1.3. Otros usos de suelo sin cobertura vegetal forestal ..... 153

IV.3.2.1.2. Tipos de vegetación en el SAR ..... 154

IV.3.2.1.2.1. Bosque de encino (BQ) ..... 154

IV.3.2.1.2.2. Bosque de encino – pino (BQP) ..... 155

IV.3.2.1.2.3. Bosque de pino – encino (BPQ) ..... 155

IV.3.2.1.2.4. Bosque mesófilo de montaña ..... 156

IV.3.2.1.3. Vegetación secundaria ..... 157

IV.3.2.2. Flora silvestre en el SAR del proyecto ..... 158

IV.3.2.2.1. Metodología de muestreo de flora silvestre ..... 158

IV.3.2.2.2. Caracterización de la flora silvestre en el SAR ..... 161

IV.3.2.2.2.1. Especies de flora silvestre en categoría de riesgo ..... 174

IV.3.2.2.2.2. Especies de flora silvestre en la lista roja (UICN) ..... 174

IV.3.2.2.3. Caracterización de la flora silvestre en la Unidad Minera Molango ..... 175

IV.3.2.2.3.1. Diversidad florística en la región de la Unidad Minera Molango ..... 176

IV.3.2.2.3.2. Especies de flora silvestre en la región de la Unidad Minera Molango en categoría de riesgo y en la lista roja ..... 177

IV.3.2.2.3.3. Índice de valor de importancia de la flora silvestre en el área de influencia de la Unidad Minera Molango ..... 178

IV.3.2.2.4. Caracterización de la flora silvestre en la Unidad Minera Naopa ..... 179

IV.3.2.2.4.1. Diversidad florística en la región de la Unidad Minera Naopa ..... 181

IV.3.2.2.4.2. Especies de flora silvestre en la región de la Unidad Minera Naopa en categoría de riesgo y en la lista roja ..... 181

IV.3.2.2.4.3. Índice de valor de importancia de la flora silvestre en el área de influencia de la Unidad Minera Naopa 182

IV.3.2.2.5. Caracterización de la flora silvestre en la Unidad Minera Nonoalco ..... 183

IV.3.2.2.5.1. Diversidad florística en el área de influencia de la Unidad Minera Nonoalco ..... 185

IV.3.2.2.5.2. Especies de flora silvestre en el área de influencia de la Unidad Minera Nonoalco en categoría de riesgo y en la lista roja ..... 185

IV.3.2.2.5.3. Índice de valor de importancia de la flora silvestre en el área de influencia de la Unidad Minera Nonoalco ..... 186

IV.3.3. Fauna silvestre ..... 187

IV.3.3.1. Fauna silvestre en el SAR ..... 191

IV.3.3.1.1. Muestreo de fauna silvestre ..... 192

IV.3.3.1.1.1. Muestreo de anfibios y reptiles ..... 192

IV.3.3.1.1.2. Muestreo de mastofauna ..... 193

IV.3.3.1.1.3. Muestreo de avifauna ..... 194

IV.3.3.1.2. Caracterización de la fauna silvestre en el SAR ..... 194

IV.3.3.1.2.1. Especies de fauna silvestre en categoría de riesgo ..... 202

IV.3.3.1.2.2. Especies de fauna silvestre en la lista roja (UICN) ..... 202

IV.3.3.1.2.3. Endemismo de las especies de fauna silvestre ..... 203

IV.3.3.1.3. Diversidad faunística en el área de influencia de la Unidad Minera Molango ..... 203

IV.3.3.1.3.1. Diversidad de anfibios y reptiles en la región de la Unidad Minera Molango ..... 203

IV.3.3.1.3.2. Diversidad de mamíferos en el área de influencia de la Unidad Minera Molango ..... 204

IV.3.3.1.3.3. Diversidad avifaunística en el área de influencia de la Unidad Minera Molango ..... 204

IV.3.3.1.4. Diversidad faunística en el área de influencia de la Unidad Minera Naopa ..... 206

IV.3.3.1.4.1. Diversidad de anfibios y reptiles en el área de influencia de la Unidad Minera Naopa 206

IV.3.3.1.4.2. Diversidad de mamíferos en el área de influencia de la Unidad Minera Naopa ..... 207

IV.3.3.1.4.3. Diversidad avifaunística en el área de influencia de la Unidad Minera Naopa ..... 207

IV.3.3.1.5. Diversidad faunística en el área de influencia de la Unidad Minera Nonoalco ..... 209

IV.3.3.1.5.1. Diversidad de anfibios en el área de influencia de la Unidad Minera Nonoalco ..... 209

IV.3.3.1.5.2. Diversidad de mamíferos en el área de influencia de la Unidad Minera Nonoalco ..... 209

IV.3.3.1.5.3. Diversidad avifaunística en el área de influencia de la Unidad Minera Nonoalco ..... 210

IV.3.3.1.6. Conclusiones del medio biótico ..... 212

IV.3.4. Diagnóstico ambiental ..... 214

IV.3.4.1. Paisaje....214
IV.3.4.2. Fragilidad ambiental....220
IV.3.5. Aspectos sociales....227
IV.3.5.1. Descripción territorial....227
IV.3.5.2. Población....229
IV.3.5.3. Dinámica poblacional....232
IV.3.5.3.1. Variables de la dinámica poblacional....234
IV.3.5.3.2. Pueblos indígenas....241
IV.3.5.4. Economía regional....246
IV.3.5.4.1. Comportamiento de producto interno bruto....246
IV.3.5.4.2. Participación de las remesas en la economía....250
IV.3.5.5. Educación....256
IV.3.5.6. Salud....259
IV.3.5.7. Evaluación del bienestar....268
IV.3.6. Diagnóstico ambiental....272
IV.3.7. Cambio climático....277
IV.3.7.1. Emisión de gases de efecto invernadero....277
IV.3.7.2. Evaluación de zonas vulnerables al cambio climático....280
IV.3.7.2.1. Metodología para la evaluación de zonas vulnerables....281
IV.3.7.2.2. Modelado de nicho ecológico y distribución potencial....282
IV.3.7.2.3. Análisis espacial de riqueza y cambio climático....283
IV.3.7.3. Resultados de la evaluación de vulnerabilidad al cambio climático....284
IV.3.7.3.1. Distribución potencial actual y futura de las especies representativas de vegetación nativa 284
IV.3.7.3.2. Zonas de vulnerabilidad y estabilidad climática en el futuro....286
IV.3.7.3.3. Proyección del cambio climático local....288
IV.3.7.4. Conclusiones del análisis de vulnerabilidad climática....289

# ÍNDICE DE TABLAS

Tabla IV.1. Identificación y superficie de las áreas de influencia determinadas para el desarrollo del proyecto. ..... 11

Tabla IV.2. Listado de áreas naturales protegidas federales ubicadas en el estado de Hidalgo y la compartida con otros estados§. ..... 12

Tabla IV.3. Listado de áreas naturales protegidas declaradas por el gobierno del estado de Hidalgo§. ..... 15

Tabla IV.4. Listado de áreas naturales protegidas de carácter municipal del estado de Hidalgo§. ..... 17

Tabla IV.5. Estaciones meteorológicas seleccionadas para caracterizar el clima del SAR en el estado de Hidalgo§. ..... 33

Tabla IV.6. Clasificación climática en el sistema ambiental regional del proyecto tomando en cuenta la base de datos de las estaciones meteorológicas de la región. ..... 36

Tabla IV.7. Valores de variables descriptivas de los elementos del clima, temperaturas y precipitación y de la evaporación, en las estaciones meteorológicas seleccionadas para la caracterización ambiental del proyecto. ..... 37

Tabla IV.8. Fenómenos hidrometeorológicos de mayor impacto en el estado de Hidalgo entre 2010 y 2024§. ..... 47

Tabla IV.9. Normas oficiales mexicanas actualmente vigentes que definen los estándares máximos para el monitoreo de la calidad del aire a nivel nacional. ..... 54

Tabla IV.10. Escala de valoración del índice de calidad del aire y riesgo asociado a la salud de la norma oficial mexicana NOM-172-SEMARNAT-2019. ..... 56

Tabla IV.11. Estaciones de monitoreo de la calidad del aire, contaminantes criterio monitoreados y su ubicación en los municipios del estado de Hidalgo§. ..... 57

Tabla IV.12. Concentración de partículas PM2.5 en la estación de monitoreo Lolotla, de acuerdo con los resultados de los informes de calidad del aire del INECC§. ..... 59

Tabla IV.13. Emisiones totales por tipo de fuentes de emisión en el estado de Hidalgo de acuerdo con el Inventario Nacional de Emisiones con año base 2018§. ..... 61

Tabla IV.14. Emisiones totales de contaminantes criterio por fuentes de emisión en los municipios que forman parte del SAR de acuerdo con el Inventario Nacional de Emisiones con año base 2018§. ..... 62

Tabla IV.15. Emisiones totales de contaminantes criterio en los municipios que forman parte del SAR de acuerdo con el Inventario Nacional de Emisiones con año base 2018§. ..... 63

Tabla IV.16. Concentración de $PM_{10}$ y $PM_{2.5}$, 24 horas de muestreo, en cuatro sitios de evaluación seleccionados dentro de la Unidad Minera Naopa. ..... 66

Tabla IV.17. Niveles de ruido promedio en herramientas usadas en actividades constructivas y exposición de trabajadores a ruido según equipo de trabajo y de vehículos automotores según el gobierno de la CDMX. ..... 68

Tabla IV.18. Criterios potenciales de la emisión e intensidad de ruido para realizar evaluaciones de impacto ambiental según la clase de fauna silvestre§. ..... 70

Tabla IV.19. Valores máximos permisibles de ruido de fondo establecidos en el acuerdo de modificación de la norma oficial mexicana NOM-081-SEMARNAT-1994. ..... 71

Tabla IV.20. Resultado de las emisiones de ruido obtenidas en la Unidad Minera Naopa a finales de 2023 y su nivel de cumplimiento con lo establecido en la norma oficial mexicana NOM-081-SEMARNAT-1994. ..... 72

Tabla IV.21. Tipos de unidades geomorfométricas determinadas para México con base a la densidad de curvas de nivel por unidad de área§. ..... 81

Tabla IV.22. Unidades litológicas dentro del polígono del SAR definido para el desarrollo del proyecto. ..... 88

Tabla IV.23. Número de sismos, clasificados por magnitud, presentes en México de 1990 a 2024 de acuerdo con la base de datos del Servicio Sismológico Nacional§. ..... 95

Tabla IV.24. Número de sismos, clasificados por magnitud, presentes en Hidalgo de 1990 a 2024 de acuerdo con la base de datos del Servicio Sismológico Nacional§. ..... 100

Tabla IV.25. Grupos de suelos presentes en el polígono del SAR definido para el proyecto. ..... 104

Tabla IV.26. Superficie de suelo degradada por procesos físicos, químicos, eólicos e hídricos a nivel nacional y en el estado de Hidalgo para el año 2002§. ..... 113

Tabla IV.27. Ecuaciones para estimar la erosividad de la lluvia en las diferentes regiones del país§. ..... 118

Tabla IV.28. Factor K de acuerdo el tipo de unidad de suelo y su textura§. ..... 119

Tabla IV.29. Valores asignados para estimar el factor C en la ecuación RUSLE de para los usos de suelo y tipos de vegetación presentes en el SAR del proyecto. ..... 122

Tabla IV.30. Clasificación de los rangos de erosión hídrica, aplicando la ecuación RUSLE, para la interpretación de los mapas§. ..... 123

Tabla IV.31. Clasificación de la superficie del SAR con base a su potencial de pérdida de suelo estimado mediante la aplicación de la ecuación RUSLE. ..... 127

Tabla IV.32. Sitios de muestreo y seguimiento de la calidad del agua superficial en el SAR§. ..... 132

Tabla IV.33. Resultado de los monitoreos de la calidad del agua superficial reportados por la CONAGUA en los sitios seleccionados para caracterizar el componente en el SAR del proyecto§. ..... 135

Tabla IV.34. Descripción del acuífero Orizatlán (1302). ..... 138

Tabla IV.35. Descripción del acuífero Atlapexco – Candelaria (1305). ..... 139

Tabla IV.36. Descripción del acuífero Calabozo (1306). ..... 140

Tabla IV.37. Descripción del acuífero Metztitlán (1314). ..... 142

Tabla IV.38. Sitios de muestreo de la calidad del agua subterránea en el SAR§. ..... 143

Tabla IV.39. Calidad del agua subterránea para el periodo 2012 - 2022 reportada por CONAGUA aledaños SAR§. ..... 146

Tabla IV.40. Clasificación de los usos de suelo y vegetación inmersos dentro de la poligonal del SAR, de acuerdo con la carta de uso de suelo y vegetación, Serie VII, del INEGI. ..... 151

Tabla IV.41. Listado general de especies de flora silvestre identificados en los muestreos realizados en el SAR del proyecto incluyendo las unidades del Distrito Minero Autlán, así como la identificación de la categoría de riesgo y clasificación en la lista roja de la UICN. ..... 163

Tabla IV.42. Listado general de especies de fauna silvestre identificadas en los muestreos realizados en el SAR del proyecto incluyendo las unidades del Distrito Minero Autlán, así como la identificación de su relevancia ambiental. ..... 196

Tabla IV.43. Definición morfométrica de tipos de relieve para diferentes escalas en la definición de unidades de paisaje§. ..... 215

Tabla IV.44. Toma de decisiones para la clasificación climática de unidades morfolitológicas§. ..... 217

Tabla IV.45. Niveles de fragilidad y parámetros de la pendiente. ..... 223

Tabla IV.46. Niveles de fragilidad y parámetros de coberturas por tipo de suelo. ..... 223

Tabla IV.47. Niveles de fragilidad y parámetros por tipo de vegetación. ..... 224

Tabla IV.48. Rangos de valores, e identificación por colores, para evaluar la fragilidad. ..... 224

Tabla IV.49. Clasificación de la fragilidad ambiental en el polígono del SAR definido para el proyecto de acuerdo con los rangos de clasificación. ..... 227

Tabla IV.50. Número de habitantes a nivel nacional, estatal y municipal de 1990 a 2020 de acuerdo con los censos y conteos poblacionales realizados por el INEGI[§]. ..... 232

Tabla IV.51. Tasa promedio de crecimiento anual poblacional estatal y de los municipios inmersos en el SAR del proyecto de acuerdo con los censos y conteos de población y vivienda realizados por el INEGI[§]. ..... 233

Tabla IV.52. Fecundidad a nivel nacional, estatal y municipal de 1970 a 2020, expresada como el número de hijos vivos promedio por mujeres en edad reproductiva. ..... 236

Tabla IV.53. Asentamientos humanos con representantes de pueblos indígenas influenciados por la poligonal del SAR del proyecto. ..... 243

Tabla IV.54. Ingresos de remesas (US$M) a nivel municipal y estatal en el periodo 2013 – 2023[§]. ..... 254

Tabla IV.55. Ingreso per cápita de remesas a nivel municipal y estatal para los años 2015 y 2020. ..... 255

Tabla IV.56. Veinte principales causas de enfermedades en el 2023, y número de casos, a nivel nacional y en el estado de Hidalgo[§]. ..... 262

Tabla IV.57. Población con afiliación a los servicios de salud a nivel nacional, del estado de Querétaro y de los municipios que participan en la conformación del SAR al 2020[1]. ..... 265

Tabla IV.58. Rezago social en las entidades estatales y en los municipios que forman parte de la conformación del SAR del proyecto entre el 2000 y el 2020, por quinquenio, de acuerdo con lo estimado por el CONEVAL[§]. ..... 270

Tabla IV.59. Especies de flora silvestre residentes del estado de Hidalgo y representativas de los tipos de vegetación presentes en el SAR seleccionadas para el estudio de vulnerabilidad al cambio climático. ..... 282

Tabla IV.60. Pérdida, estabilidad y ganancia de riqueza de especies de flora silvestre en municipios dentro del SAR de las unidades mineras de Autlán. ..... 288

Tabla IV.61. Cambio climático local en sitios de ocurrencia de las especies de plantas modeladas para el año 2040. ..... 289

# ÍNDICE DE FIGURAS

Figura IV.1. Ubicación geográfica de la Unidad Minera Autlán en el estado de Hidalgo. ..... 3
Figura IV.2. Proceso de definición del sistema ambiental regional para el desarrollo del proyecto considerando la distribución y conformación de las UGA del Programa de Ordenamiento Ecológico Territorial del Estado de Hidalgo. ..... 6
Figura IV.3. Delimitación del sistema ambiental regional definido para el desarrollo del proyecto tomando como base principal la división territorial del POETEH. ..... 8
Figura IV.4. Delimitación de las áreas de influencia en las que quedó divido el polígono del SAR del proyecto. ..... 10
Figura IV.5. Ubicación geográfica del sitio del SAR definido para el proyecto con respecto a las ANP de carácter federal. ..... 14
Figura IV.6. Ubicación geográfica del SAR definido para el proyecto con respecto a las ANP estatales del estado de Hidalgo. ..... 16
Figura IV.7. Ubicación geográfica del SAR definido para el proyecto con respecto a las ANP municipales del estado de Hidalgo. ..... 19
Figura IV.8. Ubicación del SAR del proyecto con respecto a las RTP más cercanas. ..... 22
Figura IV.9. Ubicación del SAR del proyecto con respecto a las RHP más cercanas. ..... 24
Figura IV.10. Ubicación del SAR del proyecto con respecto a la AICA Tlanchinol-Bosque de Montaña del Noroeste de Hidalgo. ..... 26
Figura IV.11. Ubicación del SAR del proyecto con respecto a los sitios RAMSAR aledaños. ..... 28
Figura IV.12. Clasificación climática en el SAR delimitado para el proyecto de acuerdo con la cartografía del INEGI, tomando en cuenta la clasificación climática de Köppen modificada por Enriqueta García. ..... 30
Figura IV.13. Ubicación de las estaciones meteorológicas con registro de información climatológica consideradas para la caracterización climática para el proyecto. ..... 32
Figura IV.14. Climograma construido con la base de datos de la estación meteorológica Zacualtipán (SMN), ubicada en el municipio de Zacualtipán de Ángeles, Hgo. ..... 33
Figura IV.15. Climograma construido con la base de datos de la estación meteorológica Tlanchinol (SMN), ubicada en el municipio de Tlanchinol, Hgo. ..... 34
Figura IV.16. Climograma construido con la base de datos de la estación meteorológica Zacualtipán (DGE), ubicada en el municipio de Zacualtipán de Ángeles, Hgo. ..... 35
Figura IV.17. Climograma construido con la base de datos de la estación meteorológica Zacualtipán (DGE), ubicada en el municipio de Zacualtipán de Ángeles, Hgo. ..... 35
Figura IV.18. Número de días con granizo en el polígono del SAR de acuerdo con la carta elaborada por el CENAPRED. ..... 41
Figura IV.19. Formación y trayectorias comunes de los ciclones tropicales que llegan a impactar la península de Yucatán, llegando a pasar al Golfo de México. ..... 43
Figura IV.20. Origen y trayectoria de ciclones tropicales que se originaron en el océano Atlántico en la temporada de ciclones del año 2024. ..... 44
Figura IV.21. Índice de peligro por presencia de ciclones tropicales a nivel nacional, incluyendo al estado de Hidalgo. ..... 45
Figura IV.22. Grado de peligro de presencia de ciclones tropicales a nivel nacional, incluyendo al estado de Hidalgo y SAR del proyecto. ..... 46
Figura IV.23. Ubicación aproximada del SAR con respecto al rango de velocidad de los vientos fuertes que se llegan a presentar en el estado de Hidalgo. ..... 49
Figura IV.24. Velocidad y dirección del viento promedio en la estación meteorológica de Tlanchinol, estado de Hidalgo. ..... 51
Figura IV.25. Distribución de los días con presencia de heladas a nivel nacional. ..... 52
Figura IV.26. Clasificación de las áreas del SAR del proyecto con respecto al grado de peligro por días con heladas por municipio. ..... 53
Figura IV.27. Emisión de contaminantes criterio a nivel estatal con base en datos definitivos del inventario nacional de emisiones de México con año base 2018. ..... 61
Figura IV.28. Ubicación de los sitios de muestreo para evaluar las emisiones de $PM_{10}$ y $PM_{2.5}$ dentro de la unidad minera. ..... 65
Figura IV.29. Ubicación del SAR definido para el desarrollo del proyecto con respecto a la división correspondiente con las provincias fisiográficas definidas por el INEGI para el territorio nacional. ..... 74
Figura IV.30. Ubicación del SAR definido para el desarrollo del proyecto con respecto a la división de las subprovincias fisiográficas definidas por el INEGI para el territorio nacional. ..... 77

Figura IV.31. Variación altitudinal en el sistema ambiental regional del proyecto en cuestión. ..... 79
Figura IV.32. Diferenciación de las unidades morfométricas a nivel nacional determinadas mediante la densidad de curvas de nivel por unidad de área (km km$^{2-1}$). ..... 80
Figura IV.33. Unidades geomorfométricas identificadas dentro del polígono del SAR del proyecto. ..... 83
Figura IV.34. Ubicación de la provincia fisiográfica Faja Volcánica Transmexicana con respecto a las principales provincias de México, y los tres sectores en las que se divide (arriba). Y, ubicación aproximada del SAR con respecto a la división de la FVTM (abajo). ..... 84
Figura IV.35. Terrenos tectonoestratigráficos mexicanos que podrían formar el basamento de la FVTM. ..... 85
Figura IV.36. Mapa geológico simplificado de la Faja Volcánica Transmexicana. ..... 86
Figura IV.37. Caracterización geológica del SAR delimitado para el desarrollo del proyecto. ..... 87
Figura IV.38. Identificación de zonas potenciales de deslave en el polígono del SAR y zonas aledañas identificadas mediante la superposición de la pendiente máxima y el potencial de falla de laderas. ..... 92
Figura IV.39. Placas tectónicas que se encuentran influenciando la República Mexicana. ..... 94
Figura IV.40. Sismos totales anuales y promedios diarios presentes en México de 1990 a 2024 de acuerdo con la base de datos del Servicio Sismológico Nacional. ..... 96
Figura IV.41. Regionalización sísmica del país realizada por la CFE. Sismicidad: a) zona A baja; b) zona B, moderada; c) zona C, alta y, d) zona D, muy alta. ..... 98
Figura IV.42. Sismos fuertes en México, ≥ a 5.5 entre 1900 y 1973 y ≥ 5.5 de 1974 al 31 de diciembre de 2024, de acuerdo con la base de datos del Servicio Sismológico Nacional. ..... 99
Figura IV.43. Sismos totales anuales y promedios diarios presentes en el estado de Hidalgo de 1990 a 2024 de acuerdo con la base de datos del Servicio Sismológico Nacional. ..... 101
Figura IV.44. Mapa sísmico para el estado de Hidalgo considerando los movimientos telúricos de 1990 a 2024 de magnitud ≥ 3.8. ..... 102
Figura IV.45. Tipos de suelos, y su distribución, en el polígono del SAR definido para el desarrollo del proyecto. ..... 106
Figura IV.46. Características distintivas de Leptosoles, suelos someros y pedregosos, con presencia de rocas en la parte superficial como los horizontes del suelo. ..... 108
Figura IV.47. Procesos de cambio de uso de suelo para dar paso a los asentamientos humanos, construcción de infraestructura de servicio y desarrollo de actividades agropecuarias en la región del SAR y área de las actividades mineras. ..... 112
Figura IV.48. Proporción de superficie degradada por tipo a nivel nacional y en el estado de Querétaro. ..... 113
Figura IV.49. Áreas con procesos de degradación dentro de la poligonal del sistema ambiental regional definido para el desarrollo del proyecto. ..... 115
Figura IV.50. Mapa del territorio nacional para la estimación por regiones de la erosividad por efecto de las lluvias. ..... 117
Figura IV.51. Mapas para los factores generados con la herramienta “Análisis de Erosión Hídrica” para estimar la erosión potencial en el SAR del proyecto. ..... 125
Figura IV.52. Mapa de la pérdida de suelo hídrica potencial en el SAR del proyecto. ..... 126
Figura IV.53. Regiones Hidrológico-Administrativas en las que está dividido el territorio nacional. ..... 128
Figura IV.54. Regiones Hidrológico-Administrativas en las que está dividido el territorio nacional. ..... 129
Figura IV.55. Ubicación de los sitios de monitoreo de la calidad del agua superficial reportados por la CONAGUA aledaños al SAR. ..... 133
Figura IV.56. Ubicación del SAR del proyecto considerando la división territorial nacional de los acuíferos. ..... 137
Figura IV.57. Ubicación de los sitios de monitoreo de la calidad del agua subterránea reportados por la CONAGUA en el SAR y sus límites. 145
Figura IV.58. Ubicación del SAR con respecto a la distribución de los usos de suelo y vegetación de acuerdo con la carta de usos de suelo y vegetación, escala 1:250,000, serie VII del INEGI. ..... 149
Figura IV.59. Diseño y establecimiento del muestreo de flora silvestre en campo dentro del polígono del SAR del proyecto. ..... 160
Figura IV.60. Descripción gráfica del muestreo en transectos lineales para árboles, arbustos y especies herbáceas. ..... 161
Figura IV.61. Condición general de la cobertura vegetal forestal y especies de flora silvestre presente en el área de influencia de la Unidad Minera Molango. ..... 176
Figura IV.62. Riqueza específica de las familias a las que pertenecen las especies de flora silvestre identificadas en el área de influencia de la Unidad Minera Molango. ..... 177
Figura IV.63. Índice de valor de importancia de las especies arbóreas de flora silvestre identificadas en el área de influencia de la Unidad Minera Molango. ..... 179

Figura IV.64. Condición general de la cobertura vegetal forestal y especies de flora silvestre presente en el área de influencia de la Unidad Minera Naopa. ..... 180
Figura IV.65. Riqueza específica de las familias a las que pertenecen las 174 especies de flora silvestre identificadas en el área de influencia de la Unidad Minera Naopa. ..... 181
Figura IV.66. Índice de valor de importancia de las especies evaluadas arbóreas y arbustivas de flora silvestre identificadas en el área de influencia de la Unidad Minera Naopa. ..... 183
Figura IV.67. Condición general de la cobertura vegetal forestal y especies de flora silvestre presente en el área de influencia de la Unidad Minera Nonoalco. ..... 184
Figura IV.68. Riqueza específica de las familias a las que pertenecen las 154 especies de flora silvestre identificadas en el área de influencia de la Unidad Minera Nonoalco. ..... 185
Figura IV.69. Índice de valor de importancia de las especies arbóreas de flora silvestre identificadas en el área de influencia de la Unidad Minera Nonoalco. ..... 187
Figura IV.70. Comparación de número de especies de reptiles identificadas en el estado de Hidalgo con respecto a la diversidad nacional. 189
Figura IV.71. Número de especies totales de mamíferos identificadas a nivel estatal. ..... 190
Figura IV.72. Número de especies totales de aves identificadas a nivel estatal. ..... 191
Figura IV.73. Anfibios observados durante los muestreos en el área de influencia de la Unidad Minera Molango. ..... 204
Figura IV.74. Rango-abundancia para las especies de aves determinadas en el área de influencia de la Unidad Minera Molango. ..... 205
Figura IV.75. Anfibios observados durante los muestreos en el área de la Unidad Minera Naopa. ..... 206
Figura IV.76. Mamíferos observados durante los muestreos en el área de influencia de la Unidad Minera Naopa. ..... 207
Figura IV.77. Rango-abundancia para las especies de aves determinadas en el área de influencia de la Unidad Minera Naopa. ..... 208
Figura IV.78. Mamíferos observados durante los muestreos en el área de influencia de la Unidad Minera Nonoalco. ..... 210
Figura IV.79. Aves observadas durante los muestreos en el área de influencia de la Unidad Minera Nonoalco. ..... 211
Figura IV.80. Rango-abundancia para las especies de aves determinadas en el área de influencia de la Unidad Minera Nonoalco. ..... 212
Figura IV.81. Definición y distribución de las unidades de paisajes en el polígono del SAR definido para el desarrollo del proyecto. ..... 219
Figura IV.82. Visualización de las unidades de paisaje definidas para el polígono del SAR del proyecto. Arriba las unidades de paisaje “Montañas fuertemente diseccionadas” y “Montañas medianamente diseccionadas”. Abajo, “Lomeríos ligeramente diseccionados” y “Planicie ondulada medianamente diseccionada”. ..... 220
Figura IV.83. Diagrama general de los componentes ambientales involucrados en el análisis y evaluación de la fragilidad ambiental. ..... 222
Figura IV.84. Diagrama de flujo utilizado en Model Builder para la obtención de fragilidad natural. ..... 225
Figura IV.85. Fragilidad ambiental determinada en el polígono del SAR definido para el desarrollo del proyecto. ..... 226
Figura IV.86. Colindancias del estado de Hidalgo y su división municipal. ..... 228
Figura IV.87. Población por entidad federativa de acuerdo con el censo de población y vivienda realizado por el INEGI en el año 2020. ..... 229
Figura IV.88. Densidad poblacional por entidad federativa de acuerdo con el censo de población y vivienda realizado por el INEGI en el año 2020. ..... 230
Figura IV.89. Proporción poblacional de los municipios del estado de Hidalgo involucrados en la conformación del SAR de acuerdo con el censo de población y vivienda realizado por el INEGI en el año 2020. ..... 231
Figura IV.90. Densidad poblacional en los municipios involucrados en la conformación del SAR de acuerdo con el censo de población y vivienda realizado por el INEGI en el año 2020. ..... 231
Figura IV.91. Fecundidad a nivel nacional y estatal con base en los resultados del censo de población y vivienda realizado por el INEGI en el año 2020, expresada como el número de hijos vivos promedio por mujeres en edad reproductiva. ..... 235
Figura IV.92. Distribución proporcional de la población que no residía en su estado natal al momento de levantar el censo de población y vivienda por parte del INEGI en el 2020. ..... 237
Figura IV.93. Distribución proporcional de la población del estado de Hidalgo proveniente del interior del país al momento de levantar el censo de población y vivienda por parte del INEGI en el 2020. ..... 238
Figura IV.94. Origen de la población a nivel estatal y en los municipios involucrados en la conformación del SAR, de acuerdo con los resultados de los últimos cinco censos de población y vivienda realizados por el INEGI. ..... 239
Figura IV.95. Flujo de emigrantes mexicanos fuera del territorio nacional según estado de nacimiento, 2015-2020. ..... 240

Figura IV.96. Origen de la población migrante del estado de Hidalgo registrada en los consulados de México en los EE. UU., promedio entre el 2015 y 2020. ..... 241
Figura IV.97. Distribución actual de las poblaciones indígenas en el estado de Hidalgo. ..... 242
Figura IV.98. Ubicación de los asentamientos humanos con representantes de pueblos indígenas con respecto a la poligonal del SAR del proyecto. ..... 245
Figura IV.99. Participación promedio por entidad federativa en la generación del PIB nacional en el 2022, con valores constantes y cifras preliminares para el 2022. ..... 246
Figura IV.100. Crecimiento del PIB a valores constantes a nivel nacional y del estado de Hidalgo, y su tendencia de crecimiento, entre 2003 y 2022. Con cifras revisadas (2021) y preliminares (2022). ..... 248
Figura IV.101. Participación de los sectores productivos en el PIB nacional y del estado de Hidalgo para el año 2022 (con información preliminar), para valores constantes. ..... 248
Figura IV.102. Participación de las actividades productivas, por sector, en la generación del PIB nacional para el año 2022 (con información preliminar), en valores constantes. ..... 249
Figura IV.103. Participación de las actividades productivas, por sector, en la generación del PIB en el estado de Hidalgo para el año 2022 (con información preliminar), en valores constantes. ..... 250
Figura IV.104. Ingreso promedio anual de remesas, por entidad federativa, en el periodo 2014 – 2023. ..... 251
Figura IV.105. Comportamiento de los ingresos por de remesas en el estado de Hidalgo y las dos entidades federales con mayor y menor cantidad de ingresos por remesas en el periodo 2010 – 2023. ..... 252
Figura IV.106. Indicador de dependencia de remesas (remesas recibidas como porcentaje del PIB) para el periodo 2010 – 2022 en las entidades seleccionadas. ..... 253
Figura IV.107. Comportamiento de los ingresos por de remesas en los municipios que forman parte del SAR del proyecto en el estado de Hidalgo para el periodo 2013 – 2023 ..... 254
Figura IV.108. Grado promedio de escolaridad de la población estatal mayor a 15 años de acuerdo con la información del censo de población y vivienda del 2020 realizado por el INEGI. ..... 257
Figura IV.109. Nivel promedio de escolaridad de la población nacional, estatal y en los municipios inmersos en SAR mayor a 15 años de acuerdo con la información intercensal presentada por el INEGI para el 2020. ..... 258
Figura IV.110. Distribución del nivel de escolaridad de la población mayor de 15 años a nacional, estatal y de los municipios inmersos en SAR de acuerdo con la información intercensal presentada por el INEGI para el censo del 2020. ..... 259
Figura IV.111. Comparación de los indicadores tasa de mortalidad infantil, esperanza de vida y mortalidad general en el 2019, y cáncer maligno en el 2012, en países miembros de la OECD y en adhesión. ..... 261
Figura IV.112. Esperanza de vida al nacer en el estado de Hidalgo y a nivel nacional de 1970 al 2050, con proyección del 2013. ..... 261
Figura IV.113. Relación de habitantes con unidades de servicio médico y consultorios, por entidad estatal y a nivel federal, para los resultados del 2020. ..... 266
Figura IV.114. Relación de habitantes con camas hospitalarias y quirófanos, por entidad estatal y a nivel federal, para el año 2020. ..... 267
Figura IV.115. Participación de las emisiones de GEI en las emisiones totales en el estado de Hidalgo en 2019. ..... 279
Figura IV.116. Participación de los municipios inmersos en el SAR en las emisiones totales de GEI en el estado de Hidalgo en el 2019. ..... 280
Figura IV.117. Distribución potencial actual y proyectada al año 2040 bajo para las 13 especies de flora silvestre representativas del área de estudio bajo escenarios de cambio climático. ..... 285
Figura IV.118. Zonas de vulnerabilidad y estabilidad climática proyectadas para el año 2040 dentro del SAR de las unidades mineras de Autlán en el estado de Hidalgo. ..... 287

# MARCO LEGAL

La integración de este capítulo tiene como objetivo dar cumplimiento a lo dispuesto por el artículo 13, fracción IV, del Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente en Materia de Evaluación del Impacto Ambiental, el cual establece que las manifestaciones de impacto ambiental, modalidad regional, deberán contener una "Descripción del sistema ambiental regional y señalamiento de tendencias del desarrollo y deterioro de la región".

De conformidad con lo anterior, este apartado estará orientado a ofrecer una caracterización del medio en sus elementos bióticos y abióticos, social y económico, para lo cual serán descritos y analizados, en forma integral, los componentes a nivel del Sistema Ambiental Regional (SAR).

Lo anterior, con el objeto de hacer una correcta identificación de sus condiciones ambientales, de las principales tendencias de desarrollo y/o de deterioro, con el propósito de hacer un diagnóstico del SAR, en donde se identifican y analizan las tendencias del comportamiento de los procesos de deterioro natural y su grado de conservación.

La delimitación del SAR es importante para que la SEMARNAT evalúe las manifestaciones de impacto ambiental de conformidad con el artículo 44 del mismo Reglamento que indica *"Al evaluar las manifestaciones de impacto ambiental la Secretaría deberá considerar: I. Los posibles efectos de las obras o actividades a desarrollarse en el o los ecosistemas de que se trate, tomando en cuenta el conjunto de elementos que los conforman, y no únicamente los recursos que fuesen objeto de aprovechamiento o afectación".*

# IV. Descripción del sistema ambiental regional y señalamiento de tendencias del desarrollo y deterioro de la región

## IV.1. Delimitación y justificación del Sistema Ambiental Regional (SAR)

### IV.1.1. Consideraciones preliminares

Para llevar a cabo la delimitación del Sistema Ambiental Regional (SAR) hay que tener claro el concepto de sistema, el cual suele ser definido como el conjunto de componentes que se interrelacionan, de tal manera que los cambios en un componente pueden afectar a alguno o a todos los demás componentes; es decir, la interacción entre éstos es susceptible de problemas, restricciones y potencialidades por la existencia de variables que puedan afectarlos. Un sistema es concebido como un modelo de índole general, y su peculiaridad radica en que permite un enfoque global del objeto de estudio y en la libertad que se tiene para fijar sus límites, ya que éstos pueden ser tan grandes o pequeños según lo requiera el estudio (Arnold y Osorio, 1998).

Los fundamentos básicos de la teoría general de sistemas afirman que los sistemas se encuentran dentro de sistemas, es decir un sistema se encuentra dentro de otro más grande, son abiertos y, como consecuencia de ello, se caracterizan por un proceso de cambio infinito con su entorno, que son los otros sistemas. Por lo que, los límites o fronteras de un sistema admitirían cierta arbitrariedad. No obstante, la necesidad de conocer y entender su funcionamiento ha derivado en la necesidad de ordenarlos a través del establecimiento de límites. En materia ambiental, a lo largo de la historia han surgido diferentes métodos que, dependiendo de su enfoque, han tratado de ordenar el ambiente a través de su delimitación.

El enfoque derivado del vínculo existente entre la economía del hombre y la naturaleza ha dado origen a métodos que buscan la regionalización en unidades naturales, en donde el comportamiento ante determinadas actividades no varíe en gran medida. Esta regionalización se puede realizar a través de un proceso de divisiones sucesivas que permita establecer unidades homogéneas, que bajo ciertas condiciones se pueden manejar en forma independiente.

Si nos adentramos un poco más al concepto de sistema, se pueden encontrar diferentes tipos de sistemas:

1. Sistema aislado: Es un modelo imaginario cuya frontera (límite del sistema) impide cualquier tipo de intercambio.
2. Sistema cerrado: Es aquel cuya frontera admite únicamente el intercambio de energía.
3. Sistema abierto: Su frontera permite todo tipo de intercambios (materia, energía, información).

De acuerdo con estos conceptos, el sistema abierto es el más próximo a la realidad ambiental. De acuerdo con Margalef, referido por Gómez-Orea (1999), el ecosistema está definido como el "*Sistema formado por individuos de muchas especies, en el seno de un ambiente de características definidas e implicado en un proceso dinámico e incesante de interacción, ajuste y regulación, expresable bien como intercambio de materia y energía, bien como una secuencia de nacimientos y muerte, y uno de cuyos resultados es la evolución a nivel de las especies y la sucesión a nivel del sistema entero*". En consecuencia, en el ecosistema entendido como sistema, se reúnen todas las formas

de vida junto con su soporte inerte o viviente, en donde se pueden establecer tres grandes divisiones del planeta Tierra: hidrósfera, atmósfera y litósfera o geósfera.

En el sistema ambiental, por tanto, se lleva a cabo la organización vital en un determinado espacio, donde los seres vivos interaccionan entre sí y con el medio en que viven por lo que existen límites geográficos particulares. El concepto de sistema ambiental utilizado en la identificación de impactos ambientales necesariamente debe establecer un espacio geográfico en el que se engloben los efectos potenciales que sobre el ecosistema puede producir el insertar un proyecto determinado y debe guardar la relación ecológica y geográfica que une las bases biológicas y sistemas territoriales integrados por unidades ambientales.

Para definir el SAR, primero es importante conocer el área que recibirá el impacto directamente para que, a partir de ella, se pueda determinar el área potencial de afectación indirecta, la cual podrá estar delimitada por conformaciones naturales y por barreras artificiales antrópicas.

### IV.1.2. Ubicación del predio del proyecto

Como ya ha quedado descrito en los capítulos I y II de este documento sometido al procedimiento de evaluación y dictaminación en materia ambiental del proyecto **"Distrito Minero Autlán"**, los polígonos para la exploración y explotación minera que comprenden el planteamiento del proyecto implican obras y actividades ya autorizadas que se encuentran en operación, otras autorizadas que están en proceso y planes de desarrollo, así como nuevas obras y actividades en espera de ser autorizadas para poder construirse o llevarse a cabo para poder continuar las actividades de exploración y explotación. Las áreas sobre las que se desarrollan las actividades autorizadas, desarrolladas previo a la LGEEPA y donde se pretenden desarrollar las nuevas obras y actividades del proyecto se desplantan sobre ocho municipios del estado de Hidalgo. Los municipios sobre los que se desplantan las obras del proyecto son: Eloxochitlán, Juárez de Hidalgo, Lolotla, Metztitlán, Molango de Escamilla, Tepehuacán de Guerrero, Tlanchinol, Xochicoatlán y Zacualtipán de Ángeles.

Las coordenadas UTM, Datum World Geodetic System (WGS) 84 Zona 14 N, que representan los polígonos que conforman el presente proyecto se encuentran en el apartado de anexos de esta MIA-R. En la Figura IV.1 se muestra la ubicación general del sistema de trazos de las líneas de distribución con respecto a la superficie municipal y estatal.

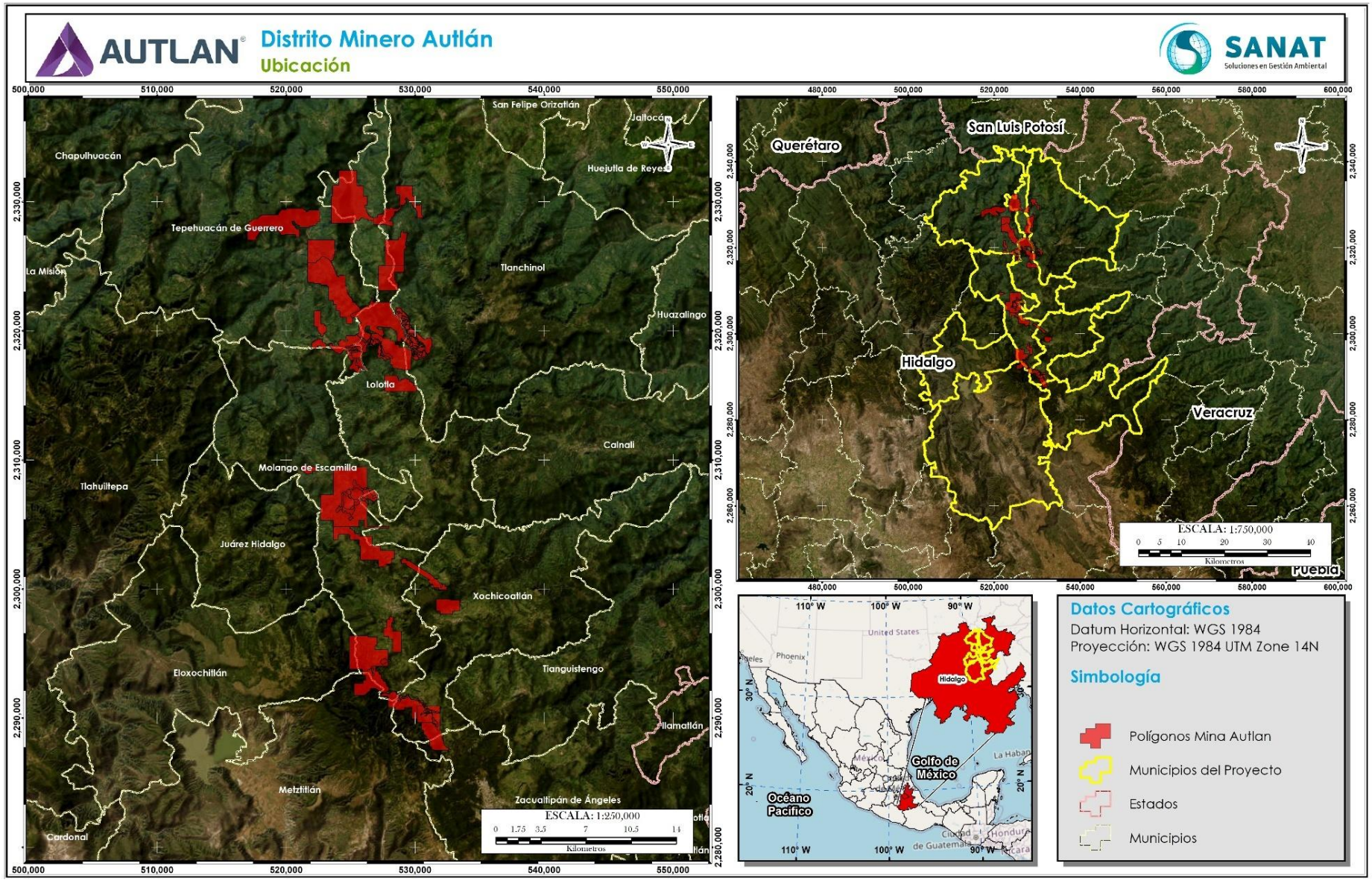



*Figura IV.1. Ubicación geográfica de la Unidad Minera Autlán en el estado de Hidalgo.*

## IV.1.3. Criterios para la delimitación del sistema ambiental regional

Se entiende que la delimitación del SAR que aquí se expone constituye un modelo teórico, con límites artificiales o arbitrarios, pero sólo hasta cierto punto, ya que dichos límites corresponden a características reales presentes en las diferentes clasificaciones de sistemas. Estas características pueden ser atmosféricas, ecosistemas, fisiográficas, límites políticos o administrativos, elementos artificiales existentes, tales como carreteras o poblados, así como eventos de efectos provocados por la actividad antropogénica.

Tomando en cuenta las grandes divisiones terrestres y que el SAR definido para el presente trabajo, además de estar referido a un área geográfica determinada, también debe estar constituido por diversos elementos o factores, tanto ambientales como de origen antropogénico, que interactúan entre sí. La delimitación tendrá por objeto definir un espacio finito que sea concordante con los subsistemas antes mencionados, así como con la dimensión del proyecto que se valora, sobre el cual sea posible realizar una descripción clara y fiel de los elementos del SAR y sus tendencias de deterioro. Esta delimitación debe incluir el componente humano como eje en el cual se consideran aspectos culturales, económicos y sociales bajo la visión de que son éstos los rectores de las transformaciones que ocurren en el medio a una escala de tiempo ecológica que, por su amplitud concuerda con una visión histórica de los cambios observables en el medio.

Bajo este sentido, se sobreentiende que la delimitación del SAR permite identificar y enunciar problemas ambientales asociados a su evolución, como medio que acoge un proyecto, así como determinar tendencias de deterioro regional que no necesariamente se ligan a las intervenciones que se plantean y estudian.

La naturaleza del proyecto en estudio, la distribución espacial de los predios que conforman la unidad minera y las condiciones de los componentes ambientales del sitio en el que se pretende insertar son las variables más sobresalientes que deben condicionar los límites del SAR. Es necesario tener en cuenta la naturaleza del proyecto, que para el que nos interesa, concretamente consiste en la exploración y explotación minera en una superficie de 10,716.73 $m^2$. Es de destacar que, el proyecto en todo momento ha tenido y tendrá en cuenta el respeto por el medio ambiente, es por lo que su diseño y operación contempla obras y actividades siguiendo el mismo criterio de respetar los componentes ambientales considerándolos como elementos integrados al medio ambiente actual.

La delimitación del SAR para el desarrollo de proyectos, en los términos que determina la LGEEPA, su reglamento en materia de impacto ambiental, así como la "Guía para la elaboración de la Manifestación de Impacto Ambiental Regional" publicada por la SEMARNAT en diciembre del 2019. La definición del sistema ambiental tiene como finalidad el caracterizar las condiciones del medio ambiente previo a la ejecución del proyecto, esto considerando su grado de deterioro o conservación, para que, a partir de ésta, se definan, evalúen y valoricen los impactos ambientales potenciales a generarse por el desarrollo del proyecto. En este caso, resulta relevante la identificación, evaluación y valoración de los impactos ambientales acumulativo y sinérgicos, definiéndose estos como (Art. 3, fracciones VII y VIII, del REIA):

…

***VII.*** *Impacto ambiental acumulativo: El efecto en el ambiente que resulta del incremento de los impactos de acciones particulares ocasionado por la interacción con otros que se efectuaron en el pasado o que están ocurriendo en el presente;*

***VIII.*** *Impacto ambiental sinérgico: Aquel que se produce cuando el efecto conjunto de la presencia simultánea de varias acciones supone una incidencia ambiental mayor que la suma de las incidencias individuales contempladas aisladamente;*

…

En la definición de un SAR determinado para un proyecto específico, se conforma tomando en cuenta la máxima expansión que pudiera tener un impacto ambiental provocado por las obras y/o actividades que involucran la ejecución del proyecto en uno o más componentes ambientales de una unidad ambiental específica. Para la definición de la poligonal del SAR generalmente se toman en cuenta los siguientes criterios:

1. Los límites de usos del suelo y tipos de vegetación existentes y el avance de fronteras de perturbación antrópica (barreras físicas).
2. Zonificaciones de instrumentos de política ambiental (UGA's) en caso de que existan programas de ordenamientos ecológicos y/o planes de desarrollo urbano, ya sean de tipo municipal o regionales.
3. Alcance de la afectación de un impacto ambiental significativo o acumulativo.
4. Por el comportamiento del patrón hidrológico superficial en la conformación de cuencas, subcuencas y microcuencas.

Después de analizar los diversos componentes naturales auxiliares para la delimitación de un sistema ambiental regional funcional para el desarrollo del proyecto, entre ellos la conformación de cuencas y microcuencas hidrológicas, usos de suelo y vegetación de acuerdo con las cartas seriales del INEGI, y conformación de unidades territoriales de instrumentos jurídicos vigentes y aplicables a nivel estatal y municipal en la región donde se inserta el predio del proyecto, se decidió utilizar la zonificación territorial definida en el Programa de Ordenamiento Ecológico Territorial del Estado de Hidalgo.

El 25 de febrero de 2022 se publicó en el Periódico Oficial del Estado de Hidalgo el decreto porque el que se expide el Programa de Ordenamiento Ecológico Territorial del Estado de Hidalgo (POETEH). Este instrumento jurídico tiene como objetivo general definir y regular la ocupación territorial consensuada entre los diferentes sectores de desarrollo, minimizar los conflictos ambientales y favorecer el desarrollo sostenible en el Estado.

Estos instrumentos jurídicos de ordenación territorial tienen la finalidad de promover un ordenamiento integral en el territorio definiendo los usos de suelo, garantizando la preservación de las áreas de acorde con sus características ambientales, y, al mismo tiempo, promueve un aprovechamiento sustentable de los recursos naturales. La aplicación de estos ordenamientos territoriales genera certeza jurídica al crecimiento de centros de poblaciones, como parte importante desarrollo social y económico de la población, la preservación y conservación de ecosistemas y, en general, al desarrollo sustentable regional. Para ello, se hicieron los estudios correspondientes para llegar a determinar los usos, destinos y reservas territoriales del Estado, que finalmente sirvieron para definir, promover, ordenar y regular la utilización del suelo a nivel estatal.

Con la finalidad de facilitar el ordenamiento territorial, de acuerdo con las características ambientales y socioeconómicas regional del estado, el planteamiento del ordenamiento ecológico incluyó la delimitación de las unidades de gestión ambiental (UGA), a la vez que se definieron los usos de suelo, las políticas ambientales que las regirían, sus lineamientos ecológicos, estrategias de desarrollo y los criterios ecológicos a observar. Para la delimitación de las UGA se utilizó el análisis multiobjetivo, el cual permite identificar el máximo valor total de aptitud del territorio, al mismo tiempo que previene la asignación espacial de actividades incompatibles.

Considerando la distribución territorial de la Unidad Minera Autlán, su naturaleza y objetivos, así como la conformación de las UGA, las cuales fueron definidas bajos criterios económicos, sociales y ambientales, se determinó usar su conformación en la definición del polígono que sirviera como el sistema ambiental regional para el desarrollo del proyecto. Para ello, se desplantaron los diferentes polígonos que conforman la unidad minera sobre la conformación de las UGA del ordenamiento ecológico. La Figura IV.2 muestra el procedimiento de identificación de las UGA del ordenamiento para el desplante de las obras para dar paso a la definición del polígono. Cabe hacer mención que, algunas UGA fueron recortadas para tener un polígono final mejor definido.

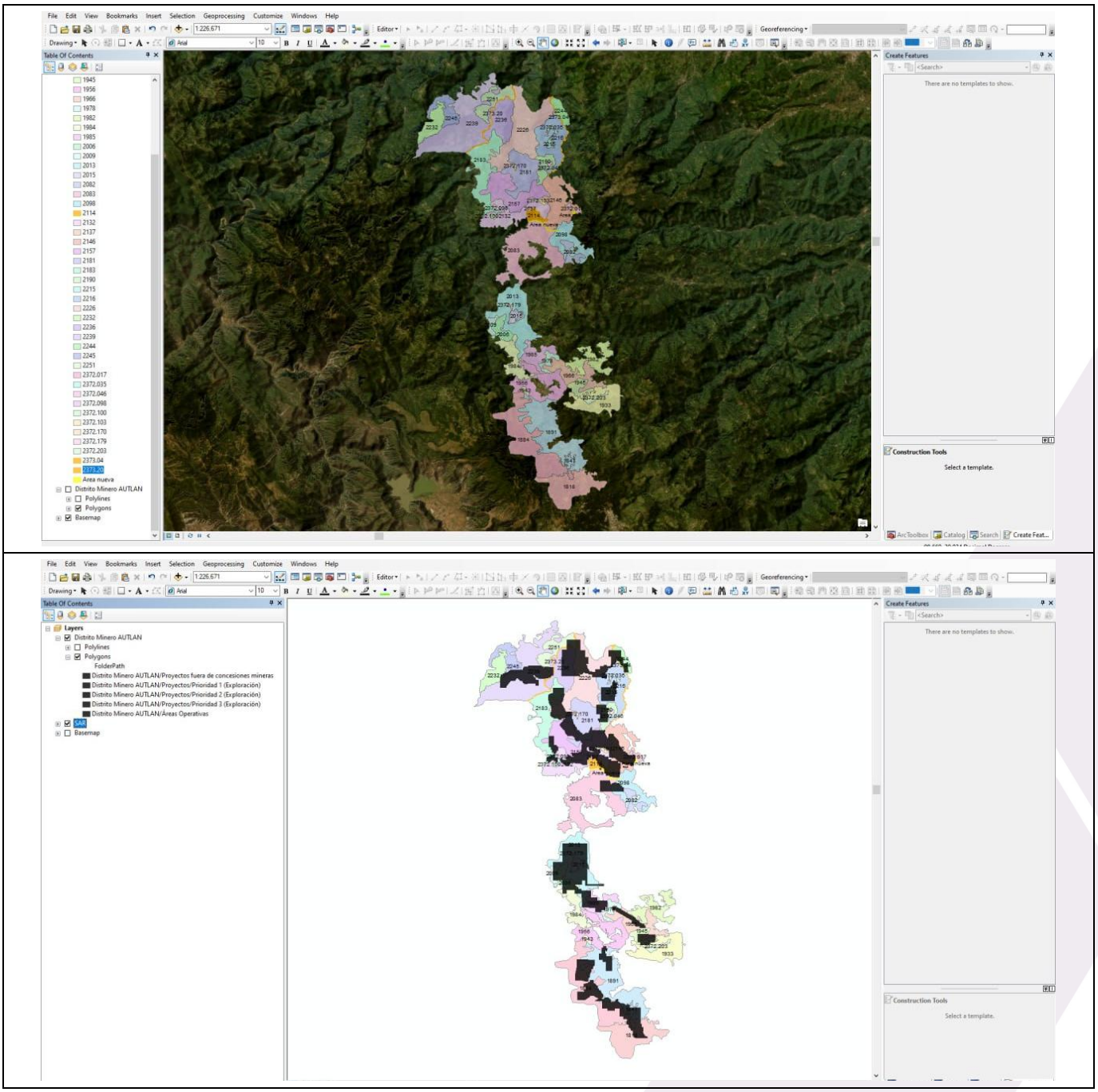


*Figura IV.2. Proceso de definición del sistema ambiental regional para el desarrollo del proyecto considerando la distribución y conformación de las UGA del Programa de Ordenamiento Ecológico Territorial del Estado de Hidalgo.*

La Figura IV.3 muestra la ubicación de los componentes del proyecto con respecto a la conformación territorial de las UGA del POETEH. El polígono delimitado y definido como el SAR cuenta con una superficie total de **38,998.68 ha**. Las coordenadas que lo definen se encuentran incluidas en el apartado de anexos.

Relacionando la superficie del predio del proyecto con la poligonal del SAR seleccionada para el desarrollo del proyecto, incluyendo las áreas verdes y de exploración, representan ser el 25.49% del SAR.

El polígono del SAR se ubica parcialmente en nueve municipios del estado de Hidalgo, en orden alfabético son: Eloxochitlán, Juárez de Hidalgo, Lolotla, Metztitlán, Molango de Escamilla, Tepehuacán de Guerrero, Tlanchinol, Xochicoatlán y Zacualtipán de Ángeles. Y, el análisis de la línea base ambiental del SAR se enfoca en describir la condición de los componentes ambientales, tanto abióticos como bióticos, dentro de toda la superficie del polígono definido, sin excluir ningún área.

En el caso del municipio de Juárez de Hidalgo, el polígono del SAR solamente se sobrepone en 2.63 ha de las 38,998.68 ha totales, lo que representa ser el 0.007% del área total del SAR. En la superficie de coincidencia actualmente domina el uso de suelo agropecuario y cobertura vegetal forestal de bosque mesófilo de montaña. 1.39 ha de esta superficie forman parte de una de las áreas de conservación del proyecto, el resto de la superficie solo forma parte del SAR, sin tenerse contemplado realizar ninguna obra o actividad en dicha superficie.

Ante la poca representatividad de este municipio dentro de la poligonal de SAR, no afectar el desarrollo del proyecto asentamientos humanos o rancherías y el nulo impacto del proyecto en este municipio, se decidió excluir la información de este municipio del análisis socioeconómico. Este análisis se enfocó en los otros ocho municipios donde la ejecución del proyecto tiene influencia directa e indirecta, además de que suman el 99.99% de la superficie del SAR.

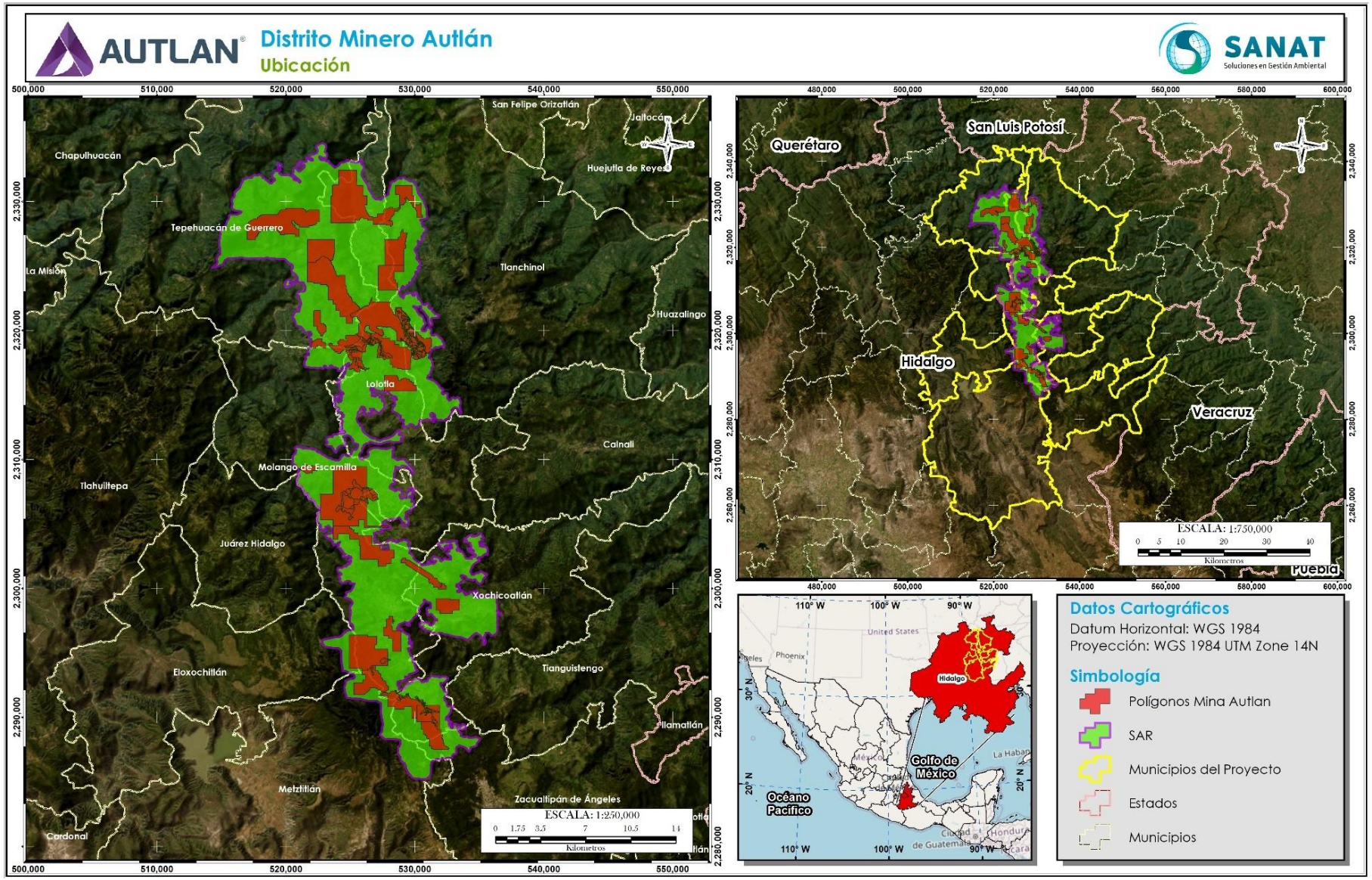



*Figura IV.3. Delimitación del sistema ambiental regional definido para el desarrollo del proyecto tomando como base principal la división territorial del POETEH.*

### IV.1.3.1. Área de influencia

El polígono del SAR que resultó del análisis de la distribución de las áreas del proyecto y las UGA del POETEH se dividió tomando en cuenta la distribución de las áreas operativas de la Unidad Minera Autlán. En este caso, la unidad minera se dividió en sus tres principales unidades: a) Unidad Minera Molango; b) Unidad Minera Naopa, y, c) Unidad Minera Nonoalco, nombradas de norte a sur del SAR.

Cada unidad minera tiene programadas sus propias obras y actividades, por ello, se decidió delimitar su propia área de influencia, la cual representa ser el área en la cual se tiene mayor interacción con las obras particulares de cada unidad. Además de tomar en cuenta la distribución de las áreas, se siguió considerando la distribución de las UGA que conforman el polígono del SAR, tratando de formar áreas internas homogéneas, como áreas de influencia de las unidades mineras que conforman el proyecto.

El polígono del SAR quedó dividido en tres áreas, la norte corresponde a la Unidad Minera Molango, la central a la Unidad Minera Naopa y la sur a la Unidad Minera Nonoalco (Figura IV.4). El área de influencia de la Unidad Minera Molango (área de influencia norte) comprende el 55.06% de la superficie del SAR, la de mayor superficie, seguida del área de la Unidad Minera Naopa (área de influencia centro) con el 24.27% del polígono (Tabla IV.1).

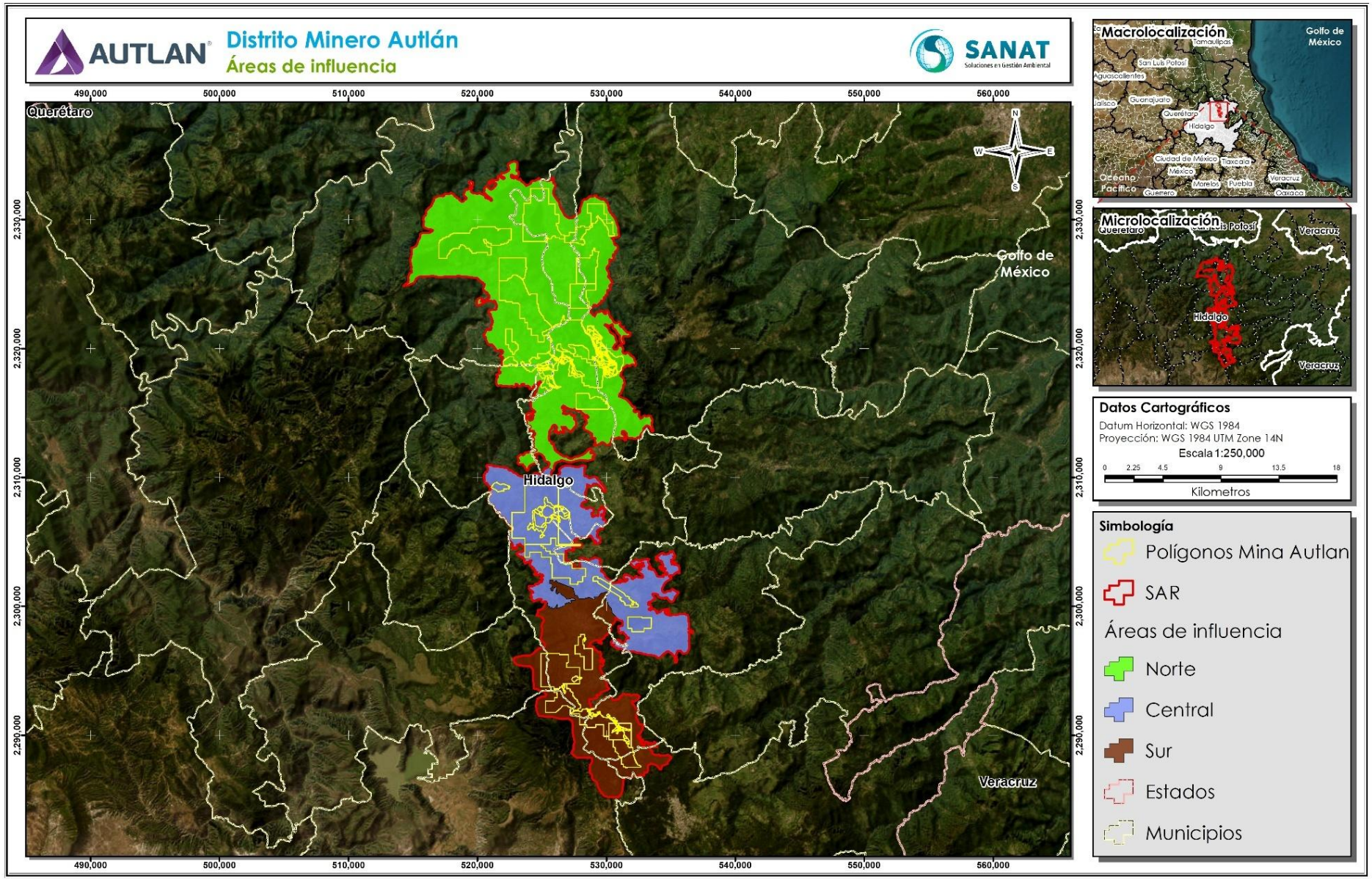



*Figura IV.4. Delimitación de las áreas de influencia en las que quedó divido el polígono del SAR del proyecto.*

*Tabla IV.1. Identificación y superficie de las áreas de influencia determinadas para el desarrollo del proyecto.*

| Área de influencia | Ubicación | Superficie ($m^2$) | Superficie (ha) | Proporción (%) |
|---|---|---|---|---|
| U.M Molango | Norte | 214,736,018.18 | 21,473.60 | 55.06 |
| U.M Naopa | Centro | 94,630,604.15 | 9,463.06 | 24.27 |
| U.M Nonoalco | Sur | 80,620,134.77 | 8,062.01 | 20.67 |
| | **TOTAL** | **389'986,757.09** | **38,998.68** | **100.00** |

# IV.2. Caracterización y análisis del sistema ambiental regional

## IV.2.1. Regiones de interés ambiental

A partir del polígono delimitado para la conformación del SAR para el proyecto, se realizó una investigación documental cartográfica para determinar si éste se ubicaba en algún sitio que guardara características naturales con algún grado de importancia, como son: Áreas Naturales Protegidas (ANP´s), ya sean de carácter federal, estatal o municipal, humedales de importancia para la Convención Ramsar, áreas de importancia para la conservación de las aves, regiones terrestres prioritarias, regiones hidrológicas prioritarias obteniendo los resultados que se presentan en los siguientes apartados.

Sin embargo, es importante aclarar que este análisis se presenta con la finalidad de identificar áreas relevantes ambientalmente que se ubiquen dentro de la poligonal, de acuerdo con los diferentes tipos de regionalizaciones ambientales, vinculantes o no con el procedimiento de evaluación, sin importar si las obras y actividades del proyecto inciden sobre estas o no. Esta descripción es solo con el carácter de resaltar la relevancia ambiental del sistema ambiental regional, en cumplimiento del objetivo del capítulo, toda vez que, **la vinculación jurídica de las implicaciones del proyecto y los diferentes instrumentos jurídicos y técnicos ambientales aplicables se presenta en el capítulo III de esta MIA-R**, lo cual está establecido en el artículo 13, fracción III, del REIA para las MIA regionales.

En este caso, tomando en cuenta que el estado de Hidalgo se encuentra en el centro del país, lejos de las costas del océano Atlántico y Pacífico, no se analizó su incidencia sobre regiones marinas prioritarias.

### IV.2.1.1. Áreas naturales protegidas

La LGEEPA define a las áreas naturales protegidas (ANP) como aquellas "zonas del territorio nacional y aquéllas sobre las que la nación ejerce su soberanía y jurisdicción, en donde los ambientes originales no han sido significativamente alterados por la actividad del ser humano o que requieren ser preservadas y restauradas". Las declaratorias de esta clasificación de ecosistemas (áreas) se hacen con la finalidad de mantener la biodiversidad, preservar las condiciones de los componentes ambientales de los ecosistemas para mantener el equilibrio y continuidad de los procesos ecológicos y evolutivos en las áreas identificas con relevancia ecológica. Estas declaratorias, además, también persiguen garantizar detener procesos de deterioro de los ecosistemas, como la pérdida de biodiversidad, procesos erosivos y degradación del suelo, garantizar la recarga del manto freático, entre

otros, en beneficio del medio ambiente y, al mismo tiempo, de las comunidades asentadas dentro del áreas y áreas aledañas, a través de su aprovechamiento sustentable.

Existen ANP de carácter federal, estatal y municipal, cada una declarada en el marco de sus atribuciones y alcances. A nivel federal estas se clasifican en reservas de la biósfera, parques nacionales, monumentos naturales, áreas de protección de recursos naturales, áreas de protección de flora y fauna y santuarios. A nivel estatal están los parques y reservas estatales, así como otras categorías definidas particularmente. A nivel municipal se tiene las zonas de conservación ecológica, y otras denominaciones específicas. Y, a partir del 2008, se tienen las áreas destinadas voluntariamente a la conservación, estos predios se consideran áreas productivas dedicadas a una función de interés público y son administrados por el solicitante, el cual puede ser toda una comunidad, una organización social, persona moral o física.

Del análisis realizado para la identificación de ANP´s en el SAR, se procedió a identificarlas, considerando las declaradas por los tres órganos de gobierno: federal, estatal y municipal. Para ello, se consideraron las ANP´s en las que el SAR incidiera directamente. En los siguientes apartados se describe más a detalle esta información.

#### IV.2.1.1.1. Áreas naturales protegidas federales

A octubre del 2024, a nivel nacional la Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas administra 232 ANP de carácter federal, lo que implica una superficie total de 98’000,718.58 ha, de las cuales 23’096,563.19 ha se encuentran en zona terrestre y 74,904,155.39 en área marina, divididas en nueves regiones a nivel nacional. El estado de Hidalgo se ubica en la región denominada “Centro y Eje Neovolcánico”, junto con los estados de Tlaxcala, Estado de México, Michoacán, Ciudad de México, Morelos, Guerrero, Puebla, Querétaro, San Luis Potosí, Guanajuato y Oaxaca, en su totalidad o parcialmente.

La región “Centro y Eje Neovolcánico” cuenta con 42 ANP, representando el 2.14% de la superficie nacional protegida y el 9.10% de la superficie de área natural protegida en la zona terrestre. En esta se ubican cuatro áreas de protección de flora y fauna, mismo número de áreas de protección de recursos naturales, 27 parques nacionales y siete reservas de la biosfera.

El estado de Hidalgo cuenta con cuatro ANP federales, ubicadas total y únicamente dentro del estado, sumando 122,031.47 ha, el 0.12% de la superficie protegida a nivel nacional (Tabla IV.2). De estas, tres son parques nacionales y una reserva de la biosfera “Barranca de Metztitlán”. Además, comparte superficie de la reserva de la biosfera Sierra Gorda con los estados de Querétaro, Guanajuato y San Luis Potosí.

***Tabla IV.2. Listado de áreas naturales protegidas federales ubicadas en el estado de Hidalgo y la compartida con otros estados[§].***

| Nombre | Categoría[§§] | Municipios | Superficie (ha) | | Fecha de decreto |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | Total | Terrestre | |
| **Ubicadas solo en Hidalgo** | | | | | |
| Los Mármoles | PN | Pacula, Jacala de Ledezma, Zimapán y Nicolás Flores | 23,150.00 | 23,150.00 | 08/09/1936 |
| Tula | PN | Tula de Allende | 99.50 | 99.50 | 27/05/1981 |

| Nombre | Categoría§§ | Municipios | Superficie (ha) | | Fecha de decreto |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | Total | Terrestre | |
| El Chico | PN | Mineral del Chico, Mineral del Monte y Pachuca de Soto | 2,739.03 | 2,739.03 | 06/07/1982 |
| Barranca de Metztitlán | RB | Acatlán, Atotonilco El Grande, Eloxochitlán, Huasca de Ocampo, Metztitlán, San Agustín Metzquititlán, Metepec, Zacualtipán de Ángeles y Cardonal | 96,042.95 | 96,042.95 | 27/11/2000 |
| **Compartidas con otros estados** | | | | | |
| Sierra Gorda | RB | Qro: Arroyo Seco, Jalpan de Serra, Landa de Matamoros, Peñamiller, Pinal de Amoles, Tolimán y Cadereyta de Montes; Gto: Atarjea, Santa Catarina y Xichú; SLP: Aquismón, Lagunillas, San Ciro de Acosta y Xilitla; Hgo: Pisaflores | 383,567.45 | 383,567.45 | 19/05/1997 |

§ Información obtenida de la página web: https://sig.conanp.gob.mx/

§§ Categoría: PN: Parque nacional y, RB: Reserva de la biosfera.

Del análisis realizado resultó que el SAR definido para el desarrollo del proyecto no se encuentra incidiendo con la poligonal de alguna de las ANP federales que se encuentran en estado de Hidalgo (Figura IV.5). Se identificó que la ANP federal más cercana al SAR es la reserva de la biosfera Barranca de Metztitlán, aproximadamente a 1.00 km de distancia en línea recta, entre los sitios más cercanos, y la reserva de la biósfera Sierra Gorda a 23.5 km.

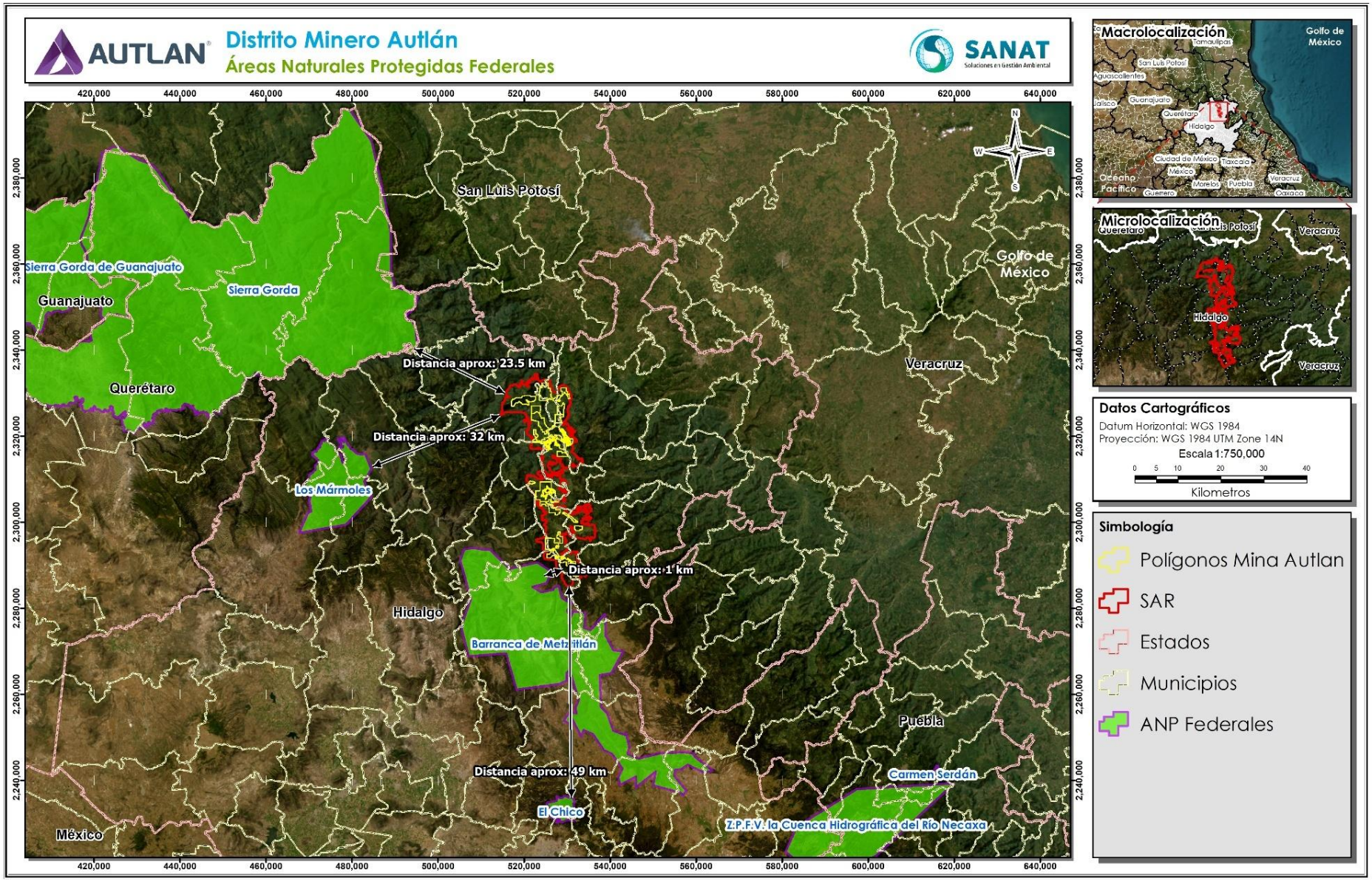



*Figura IV.5. Ubicación geográfica del sitio del SAR definido para el proyecto con respecto a las ANP de carácter federal.*

#### IV.2.1.1.2. Áreas naturales protegidas estatales

El estado de Hidalgo cuenta con sus propias áreas naturales protegidas de carácter estatal. De acuerdo con información recabada en la página del CONAHCYT (ver sitio web: https://conahcyt.mx/cibiogem/index.php/anpl/hidalgo), y la página de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales del Gobierno del Estado de Hidalgo (https://s-medioambiente.hidalgo.gob.mx/pdf/SEANP.pdf), el estado cuenta con nueve ANP estatales. Estas están clasificadas en tres categorías, tres parques estatales, cinco reservas estatales y un corredor biológico (Tabla IV.3).

El área del estado que se encuentra bajo esta categoría solo implica 15,303 ha, siendo el corredor biológico de Actopan el de mayor superficie con el 60.56% del total de esta superficie. En segundo lugar, se encuentra la reserva estatal Cerros La Paila – El Xihuingo, ubicada en el municipio de Tepeapulco, con el 17.79%, seguida por la reserva estatal Boxiza, del municipio de Chicuautla, con el 11.34% de la superficie clasifica como ANP estatal.

Los tres parques estatales implican solamente el 2.25% de las 15,303 ha; las cinco reservas estatales el 37.20% y el corredor biológico, del municipio de Actopan, el 60.56%.

Ningún municipio del estado cuenta con más de una de alguna de estas ANP. La reserva estatal Finca Tegolome es la única ANP estatal que se ubica dentro de unos de los ocho municipios que se encuentran involucrados en la conformación del SAR, pero fuera de la poligonal, aproximadamente a 5.0 km del SAR (Figura IV.6).

*Tabla IV.3. Listado de áreas naturales protegidas declaradas por el gobierno del estado de Hidalgo[§].*

| Carácter | Nombre | Municipio | Decreto | Superficie (ha) |
|---|---|---|---|---|
| Parque estatal | Cubitos | Pachuca de Soto | 30-dic-02 | 90 |
| | Bosque El Hiloche | Mineral del Monte | 06-sep-04 | 100 |
| | Cerro El Tecajete | Zempoala | 12-dic-08 | 154 |
| Reserva estatal | Finca Tegolome | Tlanchinol | 20-sep-04 | 8 |
| | El Zoológico | Tepeji del Río | 22-feb-06 | 9 |
| | Cerros La Paila - El Xihuingo | Tepeapulco | 03-feb-09 | 2723 |
| | Boxiza | Chicuautla | 19-feb-18 | 1736 |
| | El Xhinfi y La Sierrita | Ajacuba | 02-jul-18 | 1216 |
| Corredor biológico | Corredor biológico de Actopan | Actopan | 26-jun-20 | 9267 |

§ Información obtenida de la CONAHCyT, en: https://conahcyt.mx/cibiogem/index.php/anpl/hidalgo; y de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales del Gobierno del Estado de Hidalgo, en: https://s-medioambiente.hidalgo.gob.mx/pdf/SEANP.pdf.

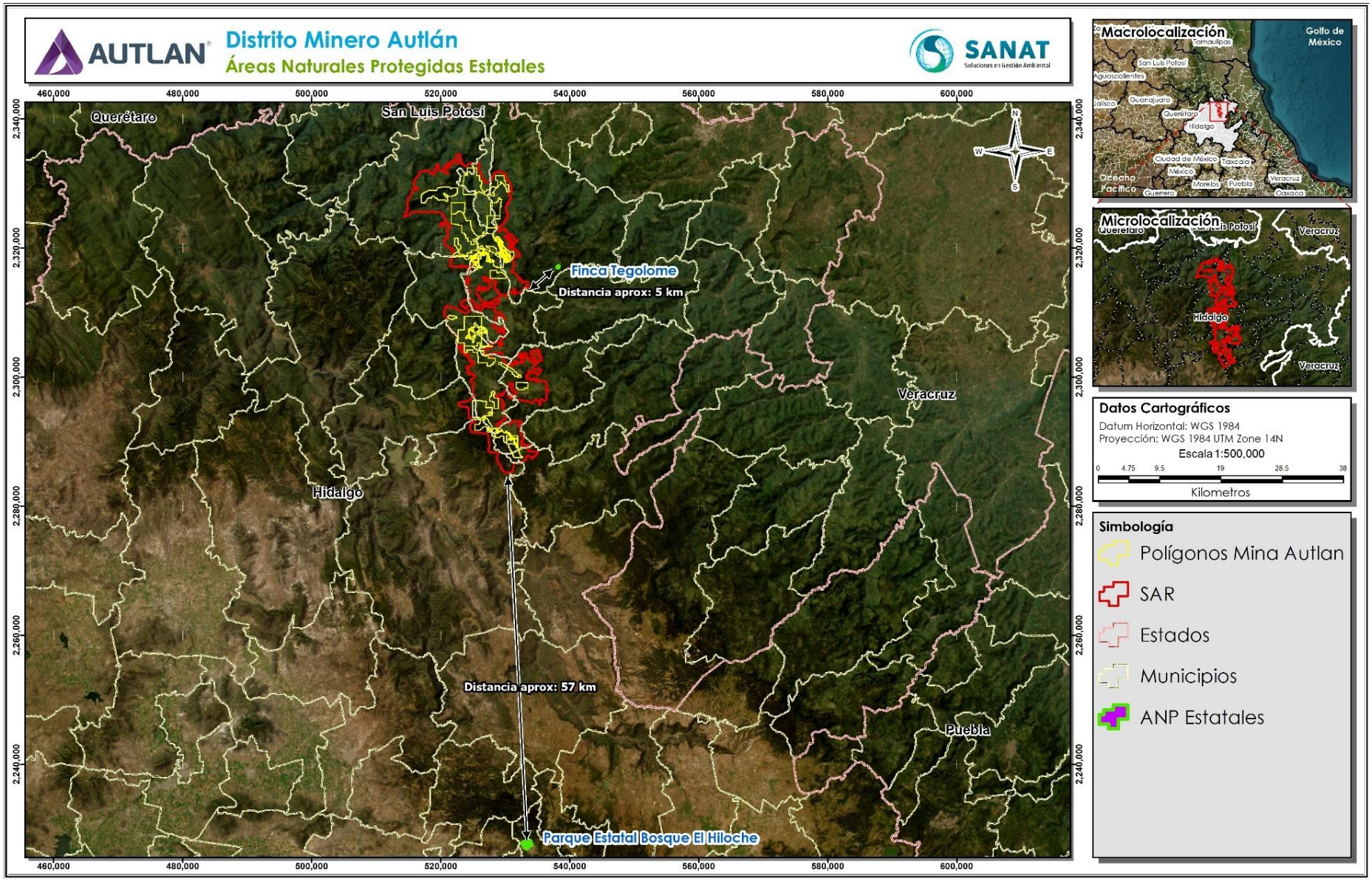



*Figura IV.6. Ubicación geográfica del SAR definido para el proyecto con respecto a las ANP estatales del estado de Hidalgo.*

### IV.2.1.1.3. Áreas naturales protegidas municipales

El estado de Hidalgo cuenta con 84 municipios totales, de los cuales 26 han decretado áreas naturales protegidas bajo la categoría de ANP municipales. De acuerdo con información del CONAHCYT (ver sitio web: https://conahcyt.mx/cibiogem/index.php/anpl/hidalgo), y de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales del Gobierno del Estado de Hidalgo (https://s-medioambiente.hidalgo.gob.mx/pdf/SEANP.pdf), en el estado de Hidalgo existen 43 ANP municipales bajo la categoría de zonas de preservación ecológica (Tabla IV.4). Entre las 43 ANP municipales suman 10,967 ha, siendo las ANP "Áreas de uso común del ejido Nopala" y Matías Romero las de mayor superficie, cubriendo el 15.99 y 9.75% de la superficie total bajo esta categoría.

Los municipios de Acatlán, Tulancingo y Cuautepec de Hinojosa fueron los primeros en decretar sus ANP, teniendo lugar en octubre del 2003, para el primero de ellos, y abril del 2004 para los otros dos. De los 26 municipios que cuentan con sus ANP, 10 de ellos tienen entre dos y seis ANP, el resto solo una. El municipio de Huichapan cuenta con seis ANP municipales, siendo el que más tiene, seguido de Apan con cuatro y Almoloya con tres; los otros siete municipios solo cuentan con dos ANP.

De los nueve municipios que se encuentran involucrados en la conformación del SAR del proyecto, solo el municipio de Zacualtipán de Ángeles cuenta con decreto de ANP, la zona de preservación ecológica Plan Grande. Esta ANP se encuentra aproximadamente a 6.00 km de distancia de la poligonal del SAR, en línea recta y entre sus puntos más cercanos (Figura IV.7).

*Tabla IV.4. Listado de áreas naturales protegidas de carácter municipal del estado de Hidalgo[§].*

| ANP municipal | Municipio | Decreto | Superficie (ha) |
|---|---|---|---|
| Mixquiapan | Acatlán | 31-oct-03 | 81 |
| Ejido Ajacuba | Ajacuba | 05-feb-18 | 260 |
| Coatlaco | Almoloya | 05-jun-07 | 232 |
| Rancho Nuevo | Almoloya | 05-jun-07 | 628 |
| Rancho Golondrinas | Almoloya | 16-nov-09 | 285 |
| Alcantarillas | Apan | 05-jun-07 | 911 |
| Cocinillas | Apan | 05-jun-07 | 78 |
| La Gloria | Apan | 05-jun-07 | 60 |
| Tezoyo | Apan | 05-jun-07 | 493 |
| Arroyo Nogales | Atotonilco El Grande | 13-jun-08 | 164 |
| Cruz de Plata | Atotonilco El Grande | 13-jun-08 | 400 |
| Zacatepec | Calnali | 04-dic-08 | 12 |
| Santuario de Mapethé | Cardonal | 18-jun-18 | 346 |
| Cerro El Aguacatillo | Chapulhuacán | 13-dic-04 | 45 |
| Asthar | Chilcuautla | 08-ene-09 | 224 |
| El Campanario | Cuautepec de Hinojosa | 26-abr-04 | 42 |
| San Ignacio - El Coyuco | Cuautepec de Hinojosa | 04-ago-14 | 572 |
| Cascada de Cuatenahuatl | Huautla | 06-dic-04 | 18 |
| El Mirador | Huautla | 11-abr-16 | 62 |

| ANP municipal | Municipio | Decreto | Superficie (ha) |
|---|---|---|---|
| La Piedra | Huehuetla | 05-feb-18 | 200 |
| Pirámides de Ecuatitla | Huejutla | 04-dic-08 | 3 |
| El Limonar | Huejutla | 04-ago-14 | 3 |
| Dandhó | Huichapan | 05-jun-07 | 30 |
| Dothi | Huichapan | 05-jun-07 | 20 |
| Mamithi | Huichapan | 05-jun-07 | 10 |
| Zóthe | Huichapan | 05-jun-07 | 20 |
| Bondojito | Huichapan | 22-ene-21 | 67 |
| La Cañada Huixcazdha | Huichapan | 06-jun-07 | 234 |
| Cerro del Ángel | Mixquiahuala de Juárez | 17-dic-12 | 769 |
| Áreas de uso común del ejido Nopala | Nopala de Villagrán | 05-dic-05 | 1754 |
| Chicamole | San Bartolo Tutotepec | 12-dic-08 | 68 |
| Medio Monte | San Bartolo Tutotepec | 02-mar-20 | 152 |
| Cerro La Paila - El Susto | Singuilucan | 31-ene-05 | 12 |
| Cerro La Paila - Matías Rodríguez | Singuilucan | 13-jun-05 | 24 |
| Matías Rodríguez | Tepeapulco | 05-jun-07 | 1069 |
| Vega de Madero | Tepeji del Río | 12-jul-12 | 469 |
| Cerro Lobo | Tepeji del Río | 28-mar-13 | 225 |
| El Sabino | Tepetitlán | 08-nov-11 | 8 |
| El Tigre y El Laurel | Tlaxcoapan | 19-ago-19 | 263 |
| Cerro Grande | Tula de Allende | 04-ago-14 | 139 |
| La Lagunilla | Tulancingo | 12-abr-04 | 28 |
| Plan Grande | Zacualtipán | 15-nov-08 | 3 |
| San Mateo Tlajomulco | Zempoala | 05-jun-07 | 484 |

§ Información obtenida de la CONAHCyT, en: https://conahcyt.mx/cibiogem/index.php/anpl/hidalgo; y de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales del Gobierno del Estado de Hidalgo, en: https://s-medioambiente.hidalgo.gob.mx/pdf/SEANP.pdf.

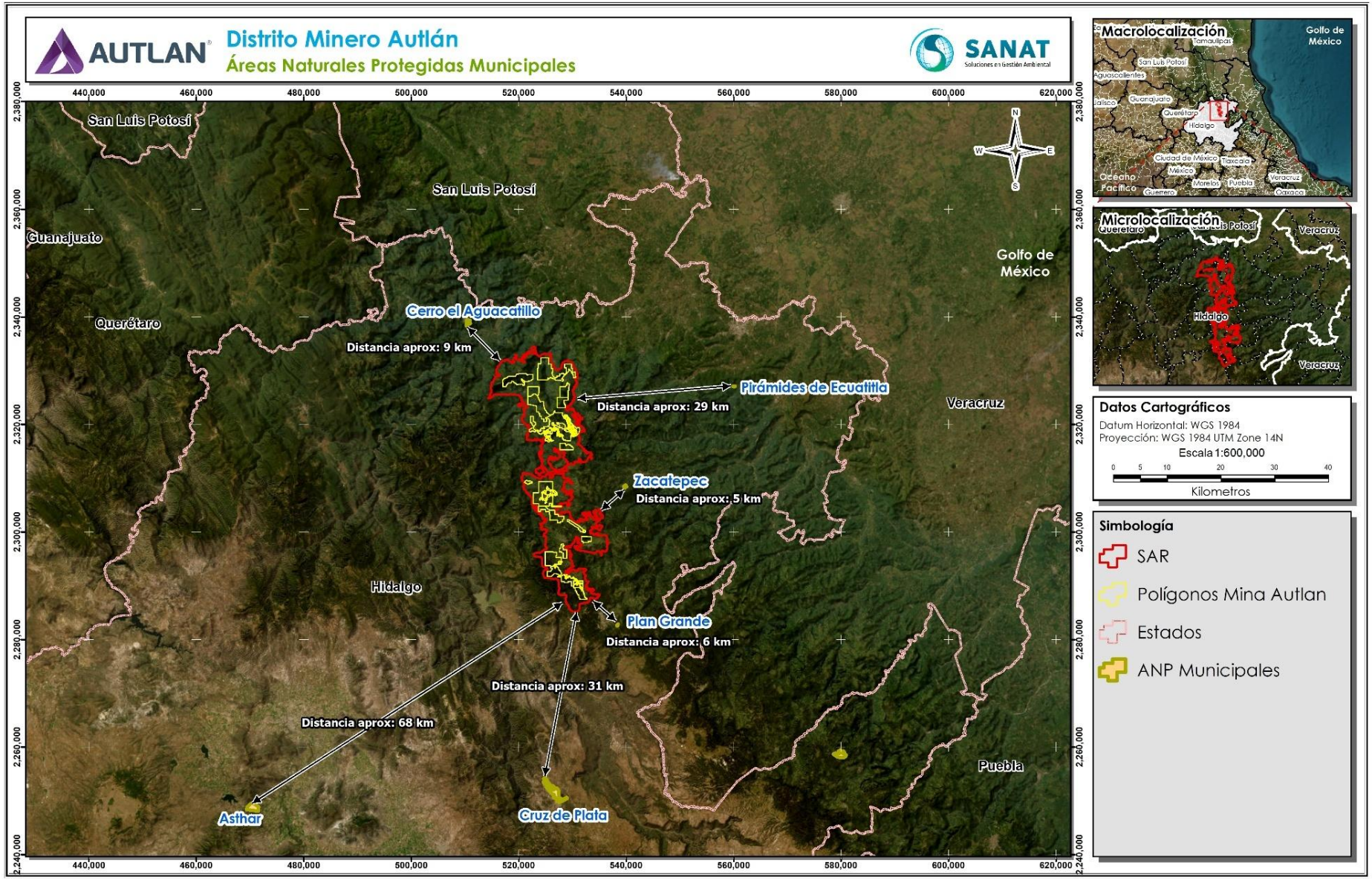



*Figura IV.7. Ubicación geográfica del SAR definido para el proyecto con respecto a las ANP municipales del estado de Hidalgo.*

### IV.2.1.2. Regiones prioritarias

La regionalización implica la división de un territorio en áreas menores con base a características similares de acuerdo con parámetros establecidos u objetivos perseguidos. La regionalización con fines ambientales representa una herramienta metodológica básica en la caracterización y planeación ambiental, permitiendo mejorar el conocimiento de los recursos para su manejo adecuado. La importancia de la regionalización ambiental estriba en que se consideran análisis basados en ecosistemas, cuyo objetivo principal es incluir la heterogeneidad ecológica que prevalece dentro de un determinado espacio geográfico para, así, proteger hábitats y áreas con características relevantes y funciones ecológicas vitales para la biodiversidad.

En este contexto, la designación de regiones prioritarias para la conservación de la biodiversidad, lo cual se lleva a cabo por la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO), se orienta en la detección de áreas cuyas características físicas y bióticas favorezcan condiciones particularmente importantes desde el punto de vista de la biodiversidad, y la funcionalidad de los ecosistemas. Estas delimitaciones regionales no tienen la facultad de regular el uso de suelo, por lo que no prohíben ni establecen condiciones para obras o actividades en su interior, y tampoco tienen la facultad de normar, en este caso, obras de infraestructura ni actividades. Por ello, estas regionalizaciones se consideran un instrumento para la planeación de la conservación, pero jurídicamente no son vinculantes con el proyecto que se pretende desarrollar; sin embargo, fueron tomadas en cuenta a efecto de identificar elementos y factores relevantes a considerar ambientalmente y, al mismo tiempo, tener conocimiento de la fragilidad de los ecosistemas involucrados con el desarrollo del proyecto.

La regionalización para la conservación de la biodiversidad involucra diferentes tipos de ambientes, considerando las condiciones específicas que cada uno de ellos puede brindar para el crecimiento y desarrollo de especies determinadas, influyendo en la diversidad de especies y la abundancia de individuos. Considerando esta característica, se decidió dividir la regionalización en cuatro diferentes categorías: terrestres prioritarias (RTP), áreas de importancia para la conservación de las aves (AICAS), hidrológicas prioritarias (RHP) y marinas prioritarias (RMP), estas excluidas de nuestro análisis considerando que el estado se encuentra alejado de las costas del océano Pacífico y del Golfo de México.

Con relación a los ejercicios de regionalización llevados a cabo por la CONABIO y la ubicación con el SAR, se obtuvieron los resultados que se describen en los siguientes apartados.

#### IV.2.1.2.1. Regiones terrestres prioritarias (RTP)

Esta regionalización tiene como finalidad identificar y fortalecer la conservación de aquellos sitios con un altor valor de biodiversidad en los ambientes terrestres nacionales. Su principal objetivo es la identificación de aquellas áreas terrestres que sean relevantes y se diferencien por su riqueza ecosistémica, así como una integridad ecológica funcional significativa y donde, además, se tenga una oportunidad real de conservación. Arriaga et al. (2009) mencionan que los criterios que se usan para su determinación están: 1) extensión del área; 2) integridad ecológica funcional de la región; 3) importancia como corredor biológico entre regiones; 4) diversidad de ecosistemas; 5) fenómenos naturales extraordinarios (*e.g.*, localidades de hibernación, migración o reproducción); 6) presencia de endemismos; 7) riqueza específica; 8) centros de origen y diversificación natural, y 9) centros de domesticación o mantenimiento de especies útiles.

De acuerdo con los estudios realizados por la CONABIO, al final se constituyeron 152 de estas regiones, cubriendo una superficie de 515,558 km$^2$, la cuarta parte del territorio nacional (Información de la CONABIO en su página web: http://www.conabio.gob.mx/conocimiento/regionalizacion/doctos/terrestres.html).

En el estado de Hidalgo se tienen registradas dos RTP: la RTP-101 "Sierra Gorda – Río Moctezuma" y la RTP-102 "Bosques Mesófilos de la Sierra Madre Oriental". La primera de ellas la comparte con los estados de Guanajuato, Querétaro y San Luis Potosí y, la segunda, con los estados de Puebla y Tlaxcala.

De acuerdo con el análisis realizado, el SAR definido para el desarrollo del proyecto incide parcialmente con la RTP 102 "Bosques Mesófilos de la Sierra Madre Oriental" (Figura IV.8). La ficha técnica indica que se trata de una RTP que se decidió conformar para dar pie a la integración de los bosques mesófilos representativos de la Sierra Madre Oriental, los cuales se encuentran mejor y mayormente integrados al norte de la RTP y, al sur se tienen fragmentados por vegetación secundaria y pastizales.

La diversidad ecosistémica de esta RTP está integrada por la presencia de bosque de encino y bosques de pino, con dominancia de *Pinus patula*, y bosque de pino-encino en un 11% de su área, además de la dominante vegetación de bosque mesófilo en un 42% de su poligonal. Por otro lado, en un 46% de la superficie de la RTP se han identificado usos de suelo para el desarrollo de actividades agrícolas, pecuarias y forestales, entre otros usos de suelo.

No obstante, derivado de su nivel de conservación ecosistémica, en el que se le asignó un valor bajo (1) para la conservación, se le dio un valor alto (4) al evaluar su integridad ecológica. Dicho valor se asignó bajo la consideración de que las áreas con cobertura vegetal aún presentan especies indicadoras de un buen estado de conservación del ecosistema.

Su función como corredor biológico se considera alto (3), debido a que aún presenta coberturas vegetales de bosque mesófilo interconectados entre diferentes regiones de los estados involucrados en la RTP. En cuanto a endemismos y riqueza específica, se consideran con un valor medio, principalmente por la presencia de plantas y vertebrados terrestres en el bosque mesófilo, mayormente.

La principal problemática ambiental identificada es la fragmentación de la región, la cual se clasifica como alta (3). La presión sobre especies clave, la cual también se clasifica como alta (3), es otra de la problemática ambiental, originada por la tala que afecta directamente a especies relevantes, como el *Pinus patula*, en el estado de Hidalgo. Derivado de esta afectación, se considera como importante (2) el mantenimiento de la especie y reducir las prácticas de manejo inadecuadas, como la ganadería.

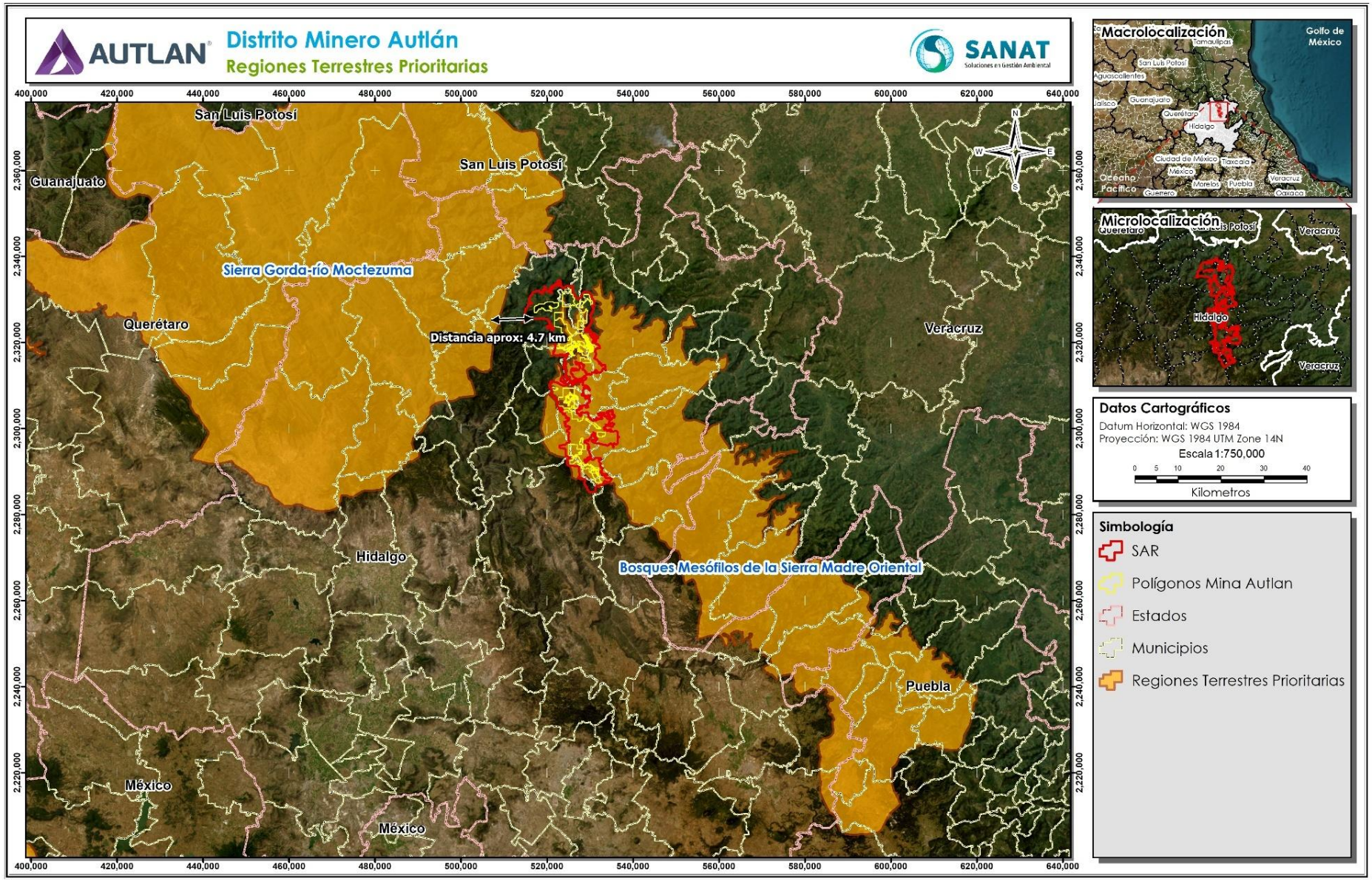



*Figura IV.8. Ubicación del SAR del proyecto con respecto a las RTP más cercanas.*

### IV.2.1.2.2. Regiones hidrológicas prioritarias

Estas regiones también fueron creadas por la CONABIO con el objetivo de establecer un marco de referencia que pudiera ser considerado por los diferentes sectores para el desarrollo de planes de investigación, conservación, uso y manejo sostenido de las principales subcuencas y sistemas acuáticos del país, con base en las características de biodiversidad y los patrones sociales y económicos de las áreas.

Del trabajo realizado por la CONABIO, se tuvo como resultado la creación de 110 RHP (ver: http://www.conabio.gob.mx/conocimiento/regionalizacion/doctos/Hlistado.html). De estas 110 regiones, 75 se clasifican como amenazadas, mismo número como regiones de alta biodiversidad y 29 como regiones hidrológicas con desconocimiento científico. Además, 82 corresponden a áreas de uso y 75 tienen una alta riqueza biológica con potencial para su conservación.

El estado de Hidalgo comparte la ubicación de cinco RHP con estados vecinos: a) RHP 64 Humedales de Jilotepec-Ixtlahuaca, con el Estado de México; b) RHP 68 Remanentes del complejo lacustre de la cuenca de México, con la CDMX y el Estado de México; c) RHP 69 Llanos de Apan, con el estado de Tlaxcala; d) RHP 75 Confluencia de las Huastecas, con los estados de Veracruz, San Luis Potosí y Querétaro, y, e) RHP 76 Río Tecolutla, con los estados de Veracruz y Puebla.

Con base en el análisis realizado, se encontró que el SAR del proyecto se ubica inmerso totalmente en la poligonal de la RHP 75 “Confluencia de las Huastecas” (Figura IV.9). Se trata de una RHP que cubre un total de 27,404.85 km$^2$, cubriendo superficie de cuatro estados: Veracruz, San Luis Potosí, Querétaro e Hidalgo. Entre los principales poblados se encuentran Cd. Valles, Zimapán, Tamazunchale, Huejutla, Chicaltepec, Tlanchinol, Jacala, Metztitlán y Molango.

La ficha técnica de esta región refiere que predomina un clima semicálido húmedo con abundantes lluvias en verano, templado subhúmedo y cálido subhúmedo con lluvias en verano, entre 7,00 y 3,000 mm de precipitación anuales y una temperatura promedio anual entre los 12 y 26ºC.

Entre los cuerpos de agua lénticos que ubican dentro de esta RHP están la presa Zimapán y los lagos Metztitlán y Molango. Y, entre los cuerpos de agua lóticos se encuentran los ríos Santa María, Jalpan, Pánuco, Grande de Metztitlán, Moctezuma, Tulancingo, entre otros.

Se considera una región con alta biodiversidad misma que está representada por la diversidad de comunidades vegetales presentes en la región, entre las que se encuentran los bosques de pino-encino, pino, encino, mesófilo de montaña, selva alta y mediana subperennifolia, selva baja caducifolia, pastizal, pastizal inducido, pastizal cultivado y vegetación riparia.

Se trata de una región en la que se tienen identificadas el desarrollo de importantes actividades económicas, como la cementera, minera, turística, así como de actividades agrícolas, pecuarias y forestales. Entre las actividades mineras se hace referencia a la existencia de yacimiento y explotación de manganeso.

Entre la problemática ambiental identificada se menciona la tala inmoderada y la sobreexplotación del manto freático, principalmente el ocasionado por la operación de una empresa refresquera. Además, se hace referencia a la contaminación por manganeso, mercurio, coliformes, derivados del beneficio del café.

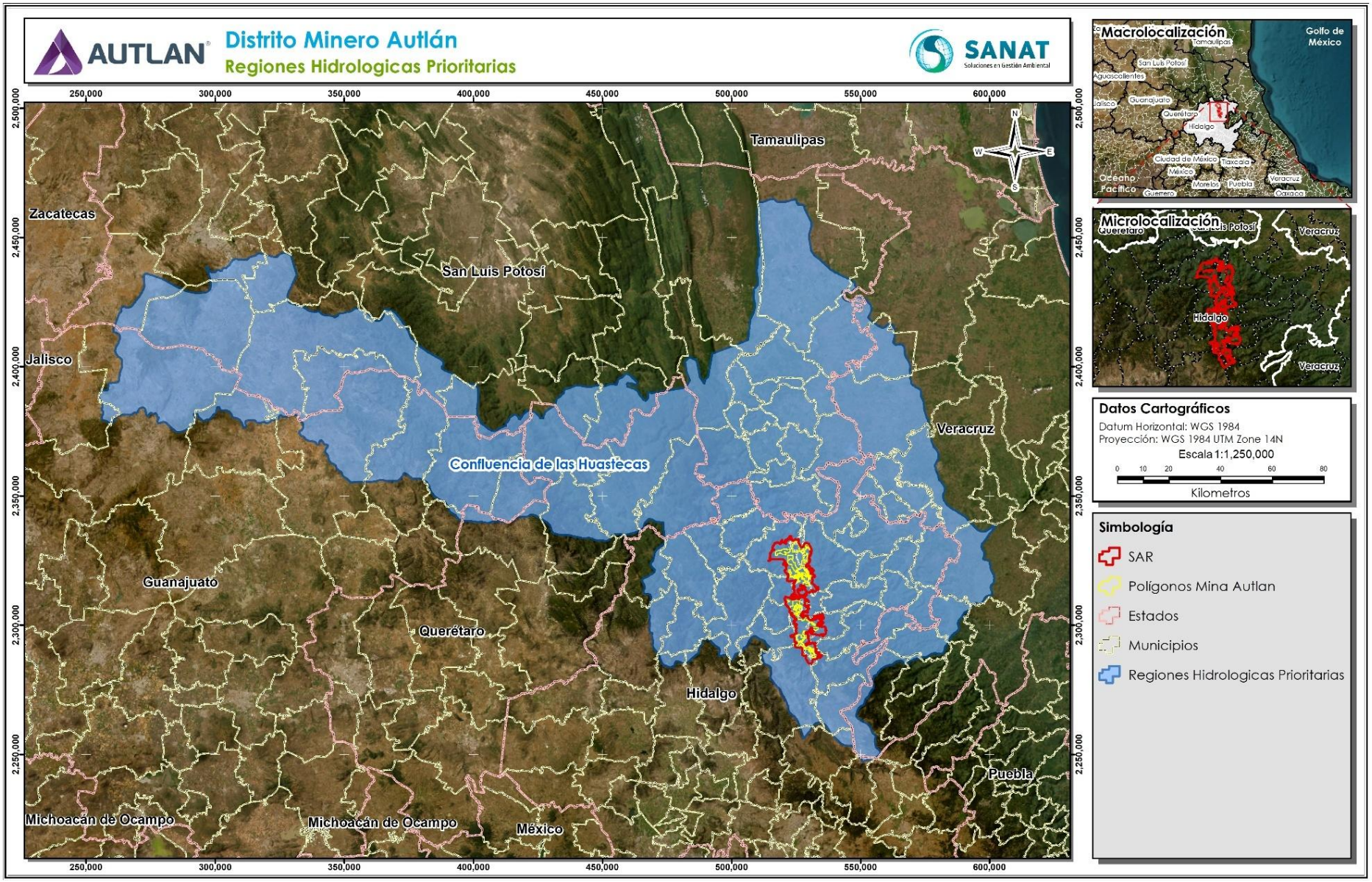



*Figura IV.9. Ubicación del SAR del proyecto con respecto a las RHP más cercanas.*

### IV.2.1.2.3. Áreas de importancia para la conservación de las aves (AICA)

Las AICAS son áreas prioritarias importantes para la conservación de las aves. De acuerdo con información de la CONABIO en su sitio web http://avesmx.conabio.gob.mx/AICA.html. Originalmente se conformaron 193 de estas áreas y, en la actualidad se tiene un listado de 272 áreas con esta denominación, mismas que están agrupadas en cuatro coordinaciones regionales (Noreste, Noroeste, Sur y Centro).

Cada AICA tiene una descripción técnica que incluye una descripción biótica y abiótica, un listado avifaunístico de las especies avistadas, su abundancia y estacionalidad en el área. Adicionalmente, se incluye las especies registradas y probables para la zona, categorías de riesgo y endemismo.

En el estado de Hidalgo se tiene la incidencia de tres AICA, algunas de ellas compartidas con estados vecinos. La AICA Subcuenca Tecocomulco se ubica totalmente dentro del estado de Hidalgo. La AICA Huayacocotla se ubica mayormente en el estado de Veracruz, solo una pequeña superficie se encuentra dentro del estado de Hidalgo. Y, la AICA Tlanchinol-Bosque de Montaña del Noroeste de Hidalgo se ubica en territorio de los estados de Veracruz, San Luis Potosí, Querétaro, Guanajuato e Hidalgo.

Del análisis realizado se encontró que el SAR se sobreponen sobre la poligonal del AICA Tlanchinol-Bosque de Montaña del Noroeste de Hidalgo (Figura IV.10). La ficha técnica la describe como:

*Esta región incluye los bosques mesófilos de montaña mejor conservados y más extensos de la porción norte de su distribución en el este de México, con lo cual se estaría enfatizando la importancia de conservar este tipo de bosques de la Sierra Madre Oriental, desde Tamaulipas hasta Oaxaca. Extensiones importantes de vegetación nativa del área propuesta han sido afectadas por actividades humanas, encontrándose actualmente como vegetación secundaria o estadios sucecionales de las comunidades nativas. En otras porciones del área propuesta, la vegetación nativa ha sido removida para inducir pastizales, para el establecimiento de la agricultura de temporal y por asentamientos humanos…*

Se trata de una AICA que cuenta con tres categorías birdlife: Sitio con especies de aves amenazadas (1), sitio con especies de aves endémicas (2) y sitio con aves características de biomas (3).

En esta AICA, según su ficha técnica, se tiene un registro de 400 especies de aves. Del total de especies, 62 se encuentran clasificadas como especies en categoría de riesgo, de estas, 19 se clasifican como especies amenazadas, 13 bajo protección especial y 30 en peligro de extinción. Considerando el endemismo de las especies, 344 no se consideran especies endémicas (ne), 23 semiendémicas (SE), 18 endémicas (EN), 14 cuasiendémicas (CE) y solo el gorrión doméstico (*Passer domesticus*) se clasifica como especie exótica (exo).

Considerando la lista roja de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN), 375 especies se clasifican como especies de preocupación menor (LC), tres en peligro (EN), tres no reconocidas por la UICN (NR), 15 casi amenazadas (NT) y cuatro vulnerables (VU).

La gran mayoría de las especies se consideran residentes en el área del AICA (226 especies) y preferentemente residentes o migratorias de invierno o de verano (46 especies). Las 128 especies restantes se consideran como migratorias, ya sean de invierno o de verano, o transitorias.

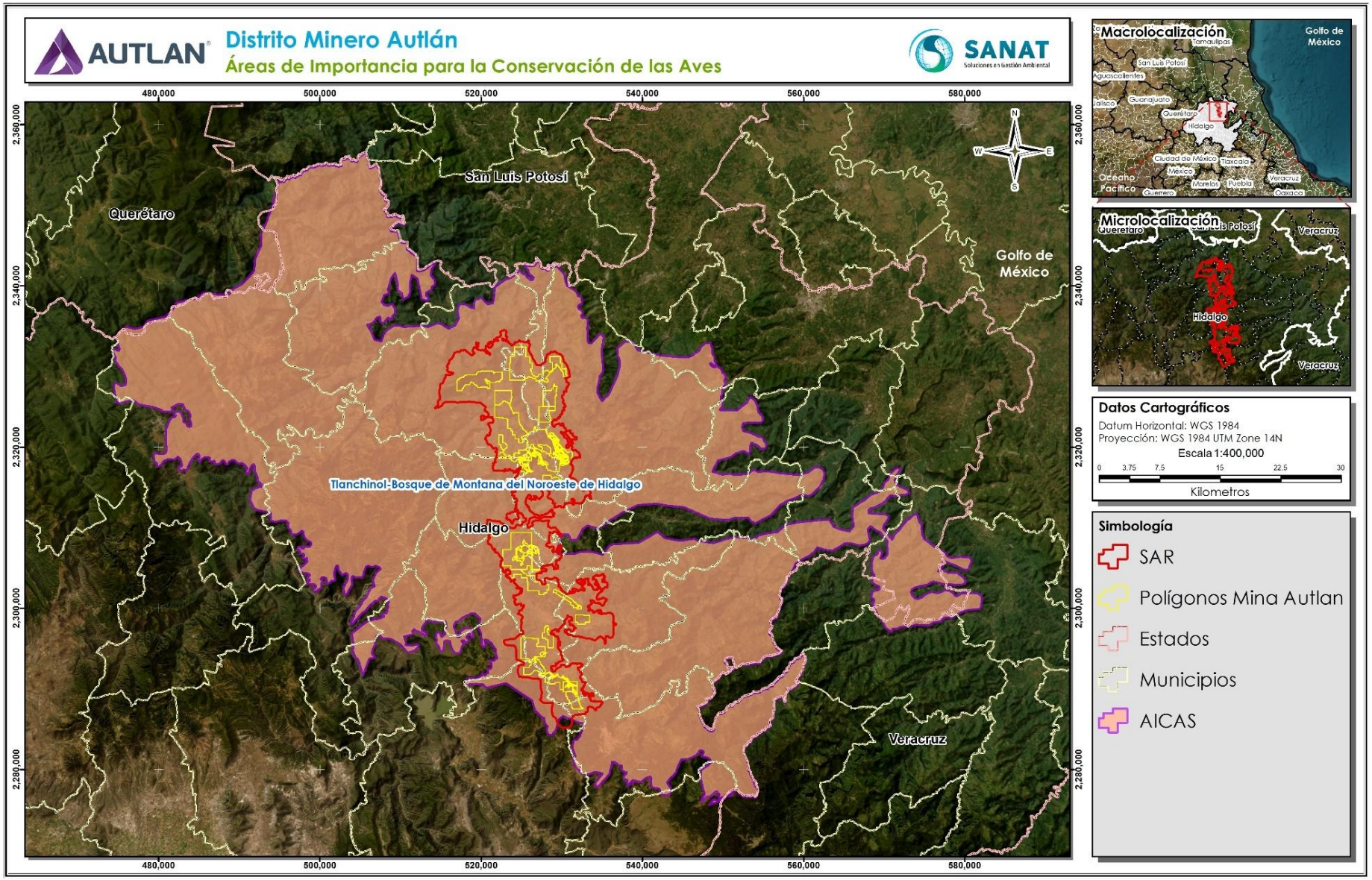



*Figura IV.10. Ubicación del SAR del proyecto con respecto a la AICA Tlanchinol-Bosque de Montaña del Noroeste de Hidalgo.*

#### IV.2.1.2.4. Sitios RAMSAR

A través de la Convención Internacional sobre Humedales se acordó la conformación de este tipo de áreas en pro de la conservación y el uso racional de los humedales y sus recursos, considerando los servicios ecológicos que prestan como reguladores de los regímenes hídricos y su gran biodiversidad. Muchos de los sitios Ramsar declarados coinciden con áreas naturales protegidas, esto con la finalidad de fortalecer la necesidad y las actividades tendientes a su conservación. En México existen declarados 144 sitios Ramsar, los cuales abarcan 8’721,910.66 ha.

En el estado de Hidalgo se tienen tres sitios Ramsar, dos ubicados totalmente en estado y uno compartido con el estado de Puebla. Los sitios ubicados solamente en el estado son el 1337 “Laguna de Metztitlán”, en los municipios de Eloxochitlán y Metztitlán, y el sitio 1322 Laguna de Tecocomulco, en los municipios de Apan, Cuautepec de Hinojosa y Tepeapulco. El sitio Ramsar 1796 Sistema de represas y corredores biológicos de la cuenca hidrogeográfica del río Necaxa lo comparte territorialmente con el estado de Puebla, ubicándose en los municipios de Acaxotitlán, Huauchinango y Juan Galindo.

El SAR del proyecto no se sobrepone sobre la polígona de alguno de los sitios Ramsar del estado. El sitio más cercano es el 1337 “Laguna de Metztitlán”, el cual se ubica al sureste del SAR a aproximadamente 8.20 km de distancia, en línea recta y entre los puntos más cercanos (Figura IV.11).

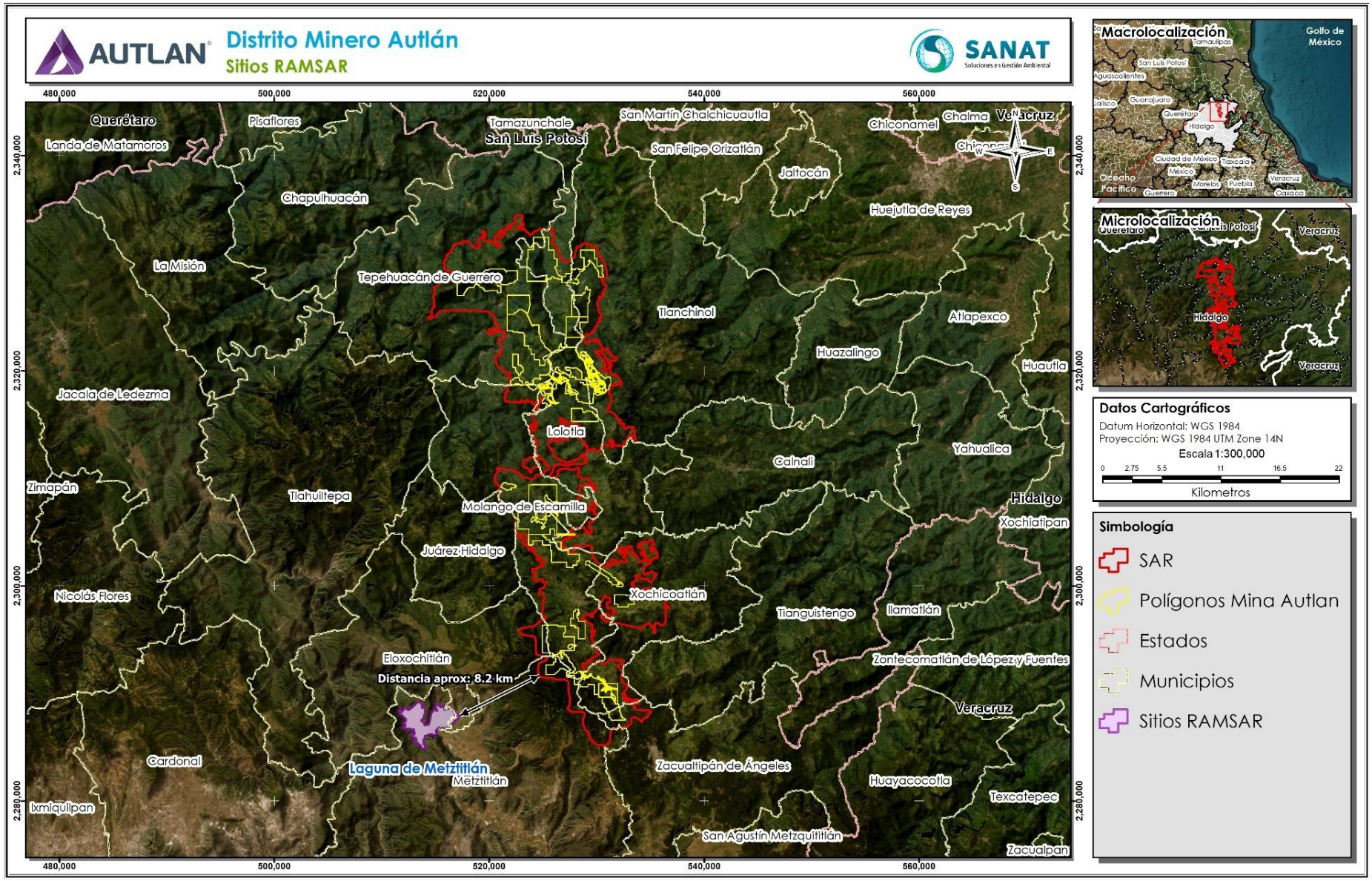



*Figura IV.11. Ubicación del SAR del proyecto con respecto a los sitios RAMSAR aledaños.*

# IV.3. Caracterización y análisis retrospectivo de la calidad ambiental del SAR

## IV.3.1. Medio abiótico

### IV.3.1.1. Clima

#### IV.3.1.1.1. Clasificación climática

Dentro de los factores que contribuyen a determinar el clima en el SAR delimitado para el proyecto se encuentran, por un lado, la latitud en la que se encuentra (20º 52' y 98º 41') y, por otro lado, la ocurrencia de vientos a lo largo del año. Procedentes del Golfo de México se presentan los vientos alisios, que son los responsables de acarrear el aire húmedo necesario para las precipitaciones. Durante la parte seca del año predominan con frecuencia vientos secos que provienen del oeste. Por la situación geográfica del SAR, al formar parte del Eje Neovolcánico y estar situado en la parte alta de la meseta central, su clima se caracteriza por ser templado húmedo y subhúmedo, semicálido y semifrío, determinado por la distribución de su temperatura y precipitación a través del tiempo y año.

Las perturbaciones ciclónicas que se originan entre junio y octubre provenientes principalmente del Atlántico, con menor influencia las del Pacífico, pueden provocar periodos de copiosas y prolongadas lluvias. En esta zona también se presentan incursiones de masas de aire frío procedentes del norte que son más o menos frecuentes en diciembre, enero y febrero, siendo las principales responsables de las temperaturas bajas y muchas veces también de lapsos pasajeros de nubosidad (Calderón et al., 2005).

De acuerdo con la información del INEGI, tomando en cuenta la clasificación climática de Köppen modificada por Enriqueta García (García, 2004), en el área del SAR delimitado para el desarrollo del proyecto se tienen cuatro diferentes tipos de climas (Figura IV.12). De los cuatro, tres son templados (C) y uno semicálido húmedo del grupo C [(A)C]. De estos cuatro tipos de climas coincidentes en el SAR, el semicálido húmedo del grupo C es el que cubre mayor superficie, encontrándose de la parte centro - sur del SAR hacia el norte, quedando solo tres pequeñas áreas en las que rige otro grupo climático perteneciente al templado húmedo [C(fm)].

La parte centro sur está regida por el clima templado húmedo [C(m)], templado húmedo [C(fm)] y el templado subhúmedo [C($w_2$)], al suroeste.

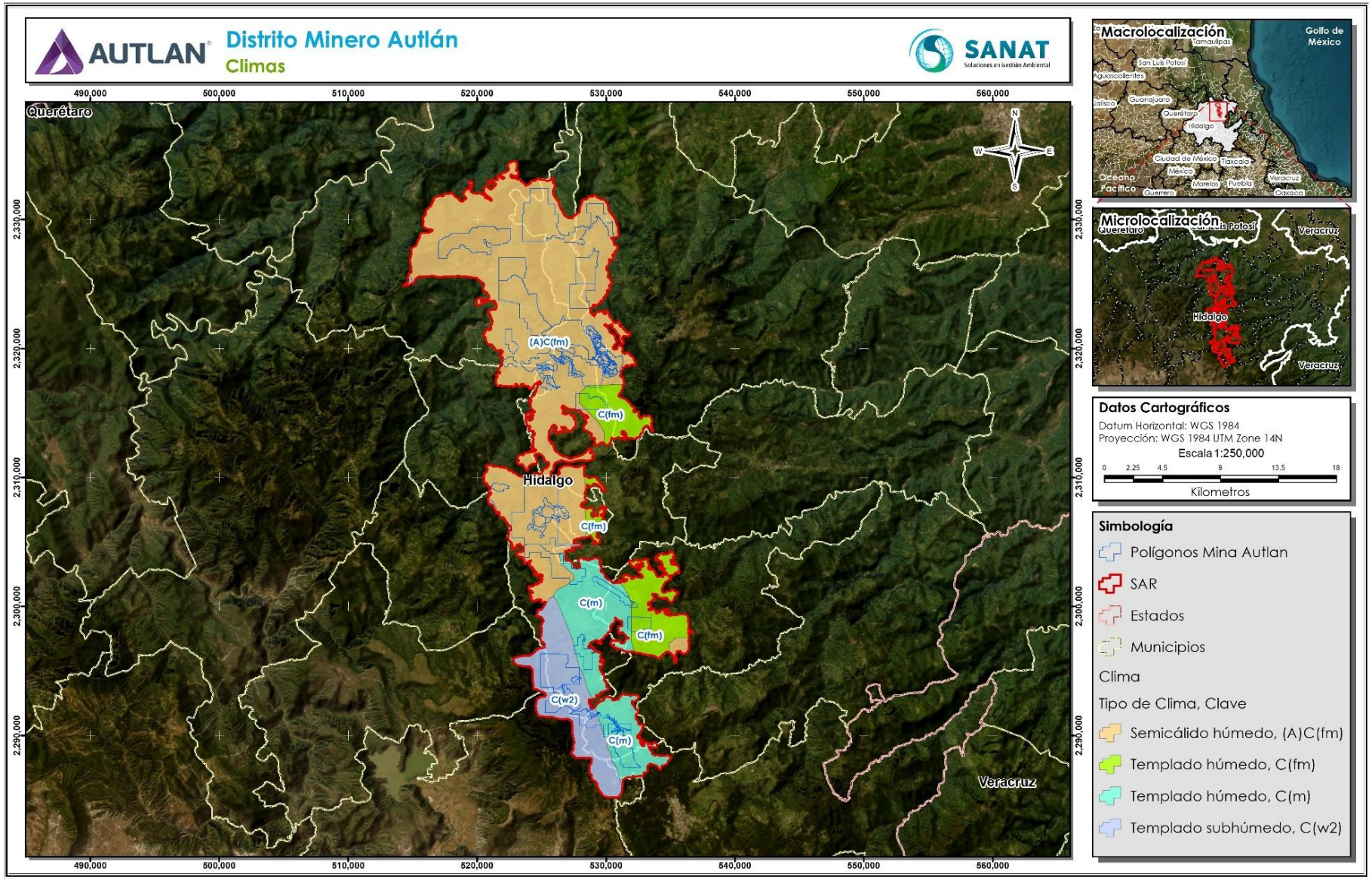



*Figura IV.12. Clasificación climática en el SAR delimitado para el proyecto de acuerdo con la cartografía del INEGI, tomando en cuenta la clasificación climática de Köppen modificada por Enriqueta García.*

Las fórmulas climáticas y la descripción de los siete tipos de clima presente en SAR son las siguientes:

a) (A)C(fm): Semicálido húmedo del grupo C, temperatura media anual mayor de 18ºC, temperatura del mes más frío menor de 18ºC y temperatura del mes más caliente mayor de 22ºC. Precipitación del mes más seco mayor a 40 mm; lluvias entre verano e invierno y porcentaje de lluvia invernal menor al 18% del total anual.

b) C(fm): Templado húmedo con temperatura media anual entre 12ºC y 18ºC, temperatura del mes más frío entre -3ºC y 18ºC y temperatura del mes más caliente bajo 22ºC. Precipitación en el mes más seco mayor de 40 mm; lluvias todo el año y porcentaje de lluvia invernal mayor al 18% del total anual.

c) C(m): Templado húmedo con temperatura media anual entre 12ºC y 18ºC, temperatura del mes más frío entre -3ºC y 18ºC y temperatura del mes más caliente bajo 22ºC.

d) C($w_2$): Templado subhúmedo con temperatura media anual entre 12ºC y 18ºC, temperatura del mes más frío entre -3ºC y 18ºC y temperatura del mes más caliente bajo 22ºC. Precipitación en el mes más seco menor de 40 mm; lluvias de verano con índice P/T mayor de 55 y porcentaje de lluvia invernal del 5 al 10.2% del total anual.

Para tener información más detallada de los factores climáticos prevalecientes en el SAR delimitado para el proyecto, se revisó la información de las estaciones climatológicas instaladas en la región. La información de cada una de las estaciones meteorológicas, así como su ubicación, se obtuvo de las normales climatológicas del sistema meteorológico nacional en la página de la CONAGUA (https://smn.conagua.gob.mx/es/climatologia/informacion-climatologica/normales-climatologicas-por-estado?estado=hgo) y de la base de datos de las estaciones meteorológicas del país de la página web http://clicom-mex.cicese.mx/mapa.html.

En el caso particular que nos ocupa, se seleccionaron cuatro estaciones climatológicas para caracterizar el clima del área de SAR definido. Para su selección se tomó en cuenta que fueran estaciones climatológicas que tuvieran registro de más de 10 años en promedio, con información suficiente de las variables climáticas para caracterizar el clima de una región, estuvieran activas o no, y que estuvieran dentro del SAR o aproximadamente a 6.0 km de la poligonal en áreas donde no hubiera alguna estación cercana.

La Tabla IV.5 tiene el listado e información general de las estaciones meteorológicas utilizadas y, en la Figura IV.13 se ubican con respecto al SAR del proyecto.

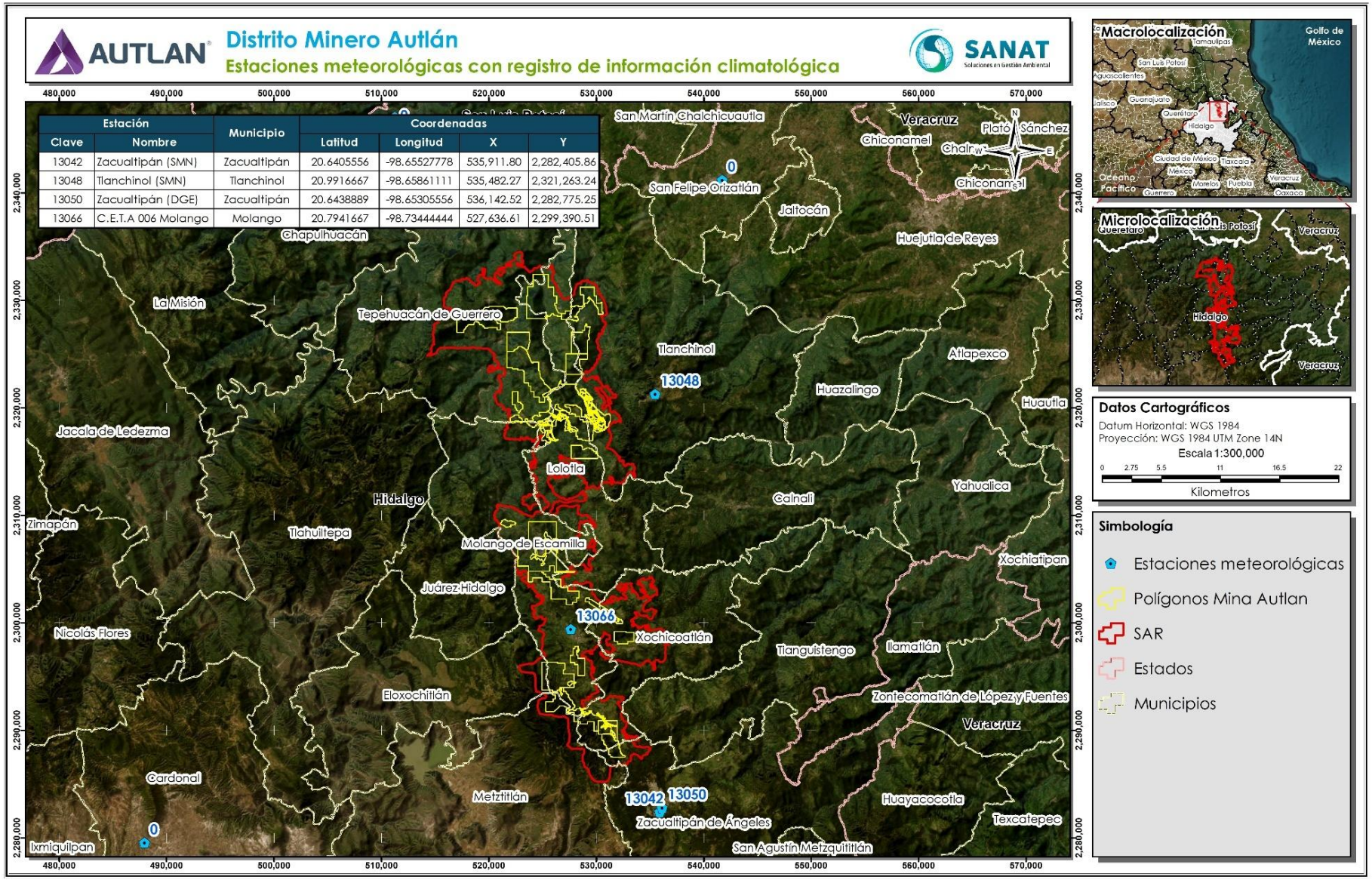



*Figura IV.13. Ubicación de las estaciones meteorológicas con registro de información climatológica consideradas para la caracterización climática para el proyecto.*

*Tabla IV.5. Estaciones meteorológicas seleccionadas para caracterizar el clima del SAR en el estado de Hidalgo[§].*

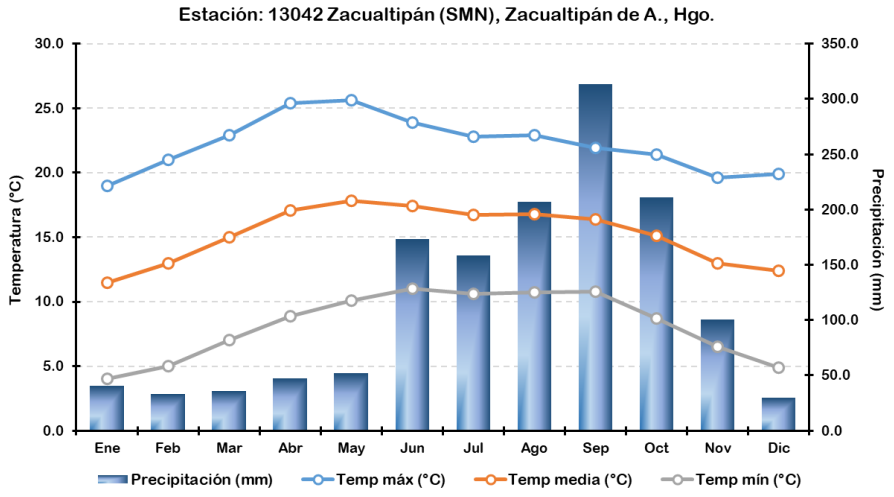
| Estación | | Ubicación (Mpio.) | Altitud (msnm) | Coordenadas | |
|---|---|---|---|---|---|
| Clave | Nombre | | | Latitud | Longitud |
| 13042 | Zacualtipán (SMN) | Zacualtipán | 1,969 | 20.6405556 | -98.65527778 |
| 13048 | Tlanchinol (SMN) | Tlanchinol | 1,524 | 20.9916667 | -98.65861111 |
| 13050 | Zacualtipán (DGE) | Zacualtipán | 1,980 | 20.6438889 | -98.65305556 |
| 13066 | C.E.T.A 006 Molango | Molango | 1,720 | 20.7941667 | -98.73444444 |

[§] Fuente: Información tomada de CONAGUA, en: https://smn.conagua.gob.mx/es/climatologia/informacion-climatologica/normales-climatologicas-por-estado?estado=hgo.

El resultado del análisis a la base de datos de las estaciones meteorológicas seleccionadas para la caracterización climática arrojó la información que a continuación se describe. El orden de la presentación de los resultados sigue el orden numérico de la clave de las estaciones climatológicas analizadas, sin dar relevancia a alguna de ellas, ya que el objetivo es describir la condición climatológica del SAR y no de alguna área en específico dentro de este.

- Estación meteorológica Zacualtipán (SMN) (13042): Cb(*m*)*e* → Templado con verano fresco largo con una temperatura media anual entre 12º y 18º, la del mes más frío entre -3º y 18ºC y la del mes más caliente entre 6. 5º y 22°C. Precipitación del mes más seco menor de 40 mm, con porcentaje de lluvia invernal entre 5 y 10.2% (7.8%) de la anual. Con poca oscilación anual de las temperaturas medias mensuales, entre 5° y 7°C (6.3°C).

La Figura IV.14 muestra el comportamiento de las temperaturas promedio mensuales y de la precipitación total mensual obtenida de la base de datos analizada para esta estación meteorológica.

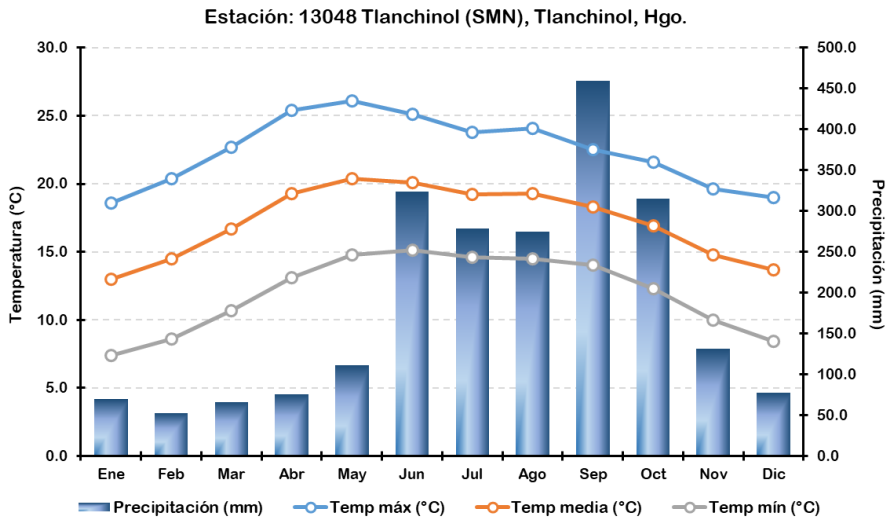



Fuente: Elaboración propia con información de la CONAGUA, en: https://smn.conagua.gob.mx/es/climatologia/informacion-climatologica/normales-climatologicas-por-estado?estado=hgo

*Figura IV.14. Climograma construido con la base de datos de la estación meteorológica Zacualtipán (SMN), ubicada en el municipio de Zacualtipán de Ángeles, Hgo.*

- Estación meteorológica Tlanchinol (SMN) (13048): Cb(f*m*)*e* → Templado con verano fresco largo con una temperatura media anual entre 12ºC y 18ºC, la del mes más frío entre -3ºC y 18ºC y la del mes más caliente entre 6.5ºC y 22.0ºC. La precipitación del mes más seco es mayor a 40 mm y un régimen de lluvias de verano propio de los lugares expuestos a la influencia de monzones, con porcentaje de lluvia invernal entre 0.0 y 18.0% (8.4%). Con oscilación anual de las temperaturas medias mensuales extremosa, entre 7.0ºC y 14.0ºC (8.4ºC).

La Figura IV.15 muestra el comportamiento de las temperaturas promedio mensuales y de la precipitación total mensual obtenida de la base de datos analizada para esta estación meteorológica.

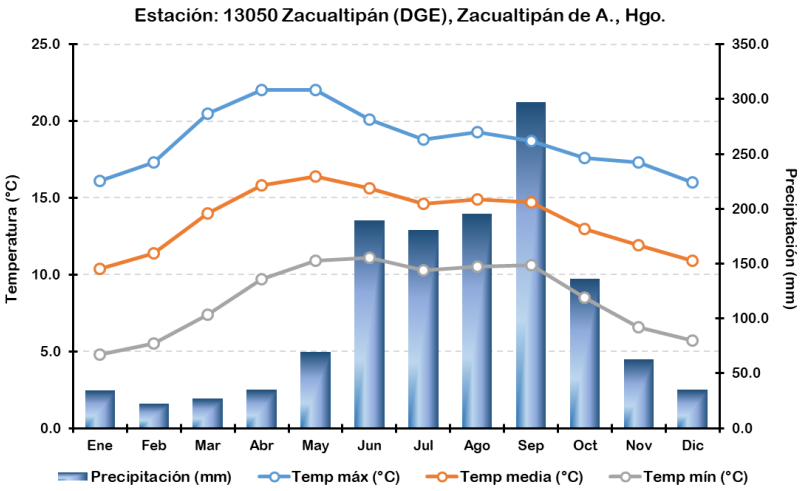



Fuente: Elaboración propia con información de la CONAGUA, en: https://smn.conagua.gob.mx/es/climatologia/informacion-climatologica/normales-climatologicas-por-estado?estado=hgo

***Figura IV.15. Climograma construido con la base de datos de la estación meteorológica Tlanchinol (SMN), ubicada en el municipio de Tlanchinol, Hgo.***

- Estación meteorológica Zacualtipán (DGE) (13050): Cb(*m*)*i'* → Templado con verano fresco largo con una temperatura media anual entre 12º y 18º, la del mes más frío entre -3ºC y 18ºC y la del mes más caliente entre 6.5ºC y 22.0ºC. Precipitación del mes más seco menor de 40 mm, con porcentaje de lluvia invernal entre 5.0 y 10.2% (6.5%) de la anual. Con poca oscilación anual de las temperaturas medias mensuales, entre 5.0ºC y 7.0ºC (6.0ºC).

La Figura IV.16 muestra el comportamiento de las temperaturas promedio mensuales y de la precipitación total mensual obtenida de la base de datos analizada para esta estación meteorológica.

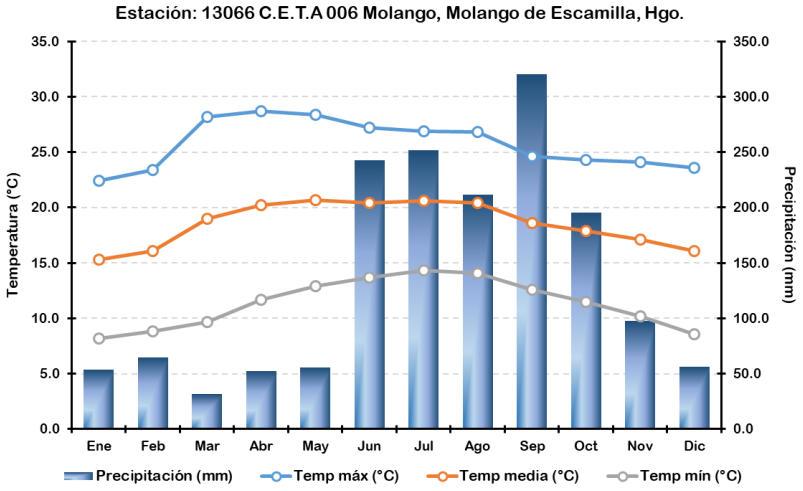



Fuente: Elaboración propia con información de la CONAGUA, en: https://smn.conagua.gob.mx/es/climatologia/informacion-climatologica/normales-climatologicas-por-estado?estado=hgo

***Figura IV.16. Climograma construido con la base de datos de la estación meteorológica Zacualtipán (DGE), ubicada en el municipio de Zacualtipán de Ángeles, Hgo.***

- Estación meteorológica C.E.T.A 006 Molango (13066): (A)C(*m*)*i'* → Semicálido del grupo C con temperatura promedio anual superior de 18ºC, la temperatura promedio del mes más frío entre -3º y 18ºC y la del mes más caliente sobre 6.5ºC. Precipitación del mes más seco menor de 40 mm, con porcentaje de lluvia invernal entre 5.0 y 10.2% (9.2%) de la anual. Con poca oscilación de las temperaturas medias mensuales entre 5º y 7ºC (5.4ºC).

La Figura IV.17 muestra el comportamiento de las temperaturas promedio mensuales y de la precipitación total mensual obtenida de la base de datos analizada para esta estación meteorológica.




Fuente: Elaboración propia con información de la CONAGUA, en: https://smn.conagua.gob.mx/es/climatologia/informacion-climatologica/normales-climatologicas-por-estado?estado=hgo

***Figura IV.17. Climograma construido con la base de datos de la estación meteorológica Zacualtipán (DGE), ubicada en el municipio de Zacualtipán de Ángeles, Hgo.***

La Tabla IV.6 contiene el concentrado de la clasificación climática resultado del análisis a la base de datos de las estaciones meteorológicas que fueron seleccionadas para la caracterización climática en el SAR. Desafortunadamente, la poca cantidad de estaciones meteorológicas ubicadas dentro y aledañas al polígono, las cuales se reducen más al evaluar la información registrada que permite caracterizar el clima de la región, no permitió verificar la gran diversidad climática conforme con lo indicado en la cartografía del INEGI elaborada con base en la información generada por Enriqueta García.

De acuerdo con los resultados del análisis a la base de datos de las estaciones meteorológicas, en tres estaciones se tiene coincidencia en que se trata de un clima templado con verano fresco largo, con una temperatura media anual entre 12ºC y 18ºC, la del mes más frío entre -3º y 18ºC y la del mes más caliente entre 6.5ºC y 22ºC. Las dos estaciones de Zacualtipán tienen en común que la precipitación del mes más seco es menor 40 mm y su porcentaje de lluvia invernal es entre el 5 y 10.2% de la precipitación anual. Mientras que, la estación de Tlanchinol se diferencia de estas dos en que la precipitación de su mes más seco es mayor de 40 mm (52.5 mm).

La estación de Molango, por cierto, la única que se encuentra dentro de la poligonal del SAR, fue la única que resultó con un clima semicálido del grupo C con temperatura promedio anual superior de 18ºC. Esta estación, de acuerdo con la cartografía del INEGI, se encuentra en el límite entre los climas templado húmedo [C(m)(f)] y el templado subhúmedo [C($w_2$)].

Estas ligeras diferencias identificadas entre la clasificación climática referida en la cartografía del INEGI y el análisis de la base de datos de las estaciones meteorológicas pueden estar fuertemente asociadas a la base de datos considerada. En el caso de la estación meteorológica de Molango, estación 13066 C.E.T.A 006 Molango, solo cuenta información parcial de 13 años, lo cual puede presentar cierto grado de error, pero sirve como referencia.

***Tabla IV.6. Clasificación climática en el sistema ambiental regional del proyecto tomando en cuenta la base de datos de las estaciones meteorológicas de la región.***

| Clave | Ubicación | Fórmula | Descripción |
|---|---|---|---|
| 13042 | Zacualtipán | Cb(*m*)*e* | Templado con verano fresco largo con una temperatura media anual entre 12º y 18º, la del mes más frío entre -3º y 18ºC y la del mes más caliente entre 6. 5º y 22°C. Precipitación del mes más seco menor de 40 mm, con porcentaje de lluvia invernal entre 5 y 10.2% (7.8%) de la anual. Con poca oscilación anual de las temperaturas medias mensuales, entre 5° y 7°C (6.3°C). |
| 13048 | Tlanchinol | Cb(*fm*)*e* | Templado con verano fresco largo con una temperatura media anual entre 12ºC y 18ºC, la del mes más frío entre -3ºC y 18ºC y la del mes más caliente entre 6.5ºC y 22.0ºC. La precipitación del mes más seco es mayor a 40 mm y un régimen de lluvias de verano propio de los lugares expuestos a la influencia de monzones, con porcentaje de lluvia invernal entre 0.0 y 18.0% (8.4%). Con oscilación anual de las temperaturas medias mensuales extremosa, entre 7.0ºC y 14.0ºC (8.4ºC). |
| 13050 | Zacualtipán | Cb(*m*)*i'* | Templado con verano fresco largo con una temperatura media anual entre 12º y 18º, la del mes más frío entre -3ºC y 18ºC y la del mes más caliente entre 6.5ºC y 22.0ºC. Precipitación del mes más seco menor de 40 mm, con porcentaje de lluvia invernal entre 5.0 y 10.2% (6.5%) de la anual. Con poca oscilación anual de las temperaturas medias mensuales, entre 5.0ºC y 7.0ºC (6.0ºC). |

| Clave | Ubicación | Fórmula | Descripción |
|---|---|---|---|
| 13066 | Molango | (A)C(*m*)*i'* | Semicálido del grupo C con temperatura promedio anual superior de 18ºC, la temperatura promedio del mes más frío entre -3º y 18ºC y la del mes más caliente sobre 6.5ºC. Precipitación del mes más seco menor de 40 mm, con porcentaje de lluvia invernal entre 5.0 y 10.2% (9.2%) de la anual. Con poca oscilación de las temperaturas medias mensuales entre 5º y 7ºC (5.4ºC). |

#### IV.3.1.1.1.1. Temperaturas máximas, media y mínimas

Las temperaturas máximas promedio mensuales obtenidas van de los 18.8ºC a los 25.7ºC, lo que representa una diferencia entre estaciones de 6.9ºC en temperaturas máximas promedio (Tabla IV.7). La estación C.E.T.A 006 Molango fue la que alcanzó la mayor temperatura máxima promedio anual con 25.7ºC, mientras que, por lo contrario, la estación de Zacualtipán (DGE) fue la que presentó la menor temperatura máxima promedio anual con 18.8ºC.

La variación de la temperatura mínima promedio mensual entre las estaciones meteorológicas analizadas fue de 4.43.8ºC, siendo el valor máximo de 12.0ºC en la estación Tlanchinol (SMN), del municipio de mismo nombre, y el mínimo de 8.2ºC en la estación Zacualtipán (SMN), ubicada en el municipio de Zacualtipán de Ángeles (Tabla IV.7).

La temperatura media mensual vario entre las estaciones de 13.6ºC a 18.5ºC, siendo la estación Zacualtipán (DGE) la que resultó con la menor temperatura mensual y la estación de Molango la de mayor temperatura media. La diferencia entre las temperaturas medias mensuales extremas es de 4.9ºC, intermedia entre la variación de las temperaturas máxima y mínima mensual promedio.

Mayo resultó ser el mes con la mayor temperatura mensual media, con variación en la temperatura alcanzada entre estaciones meteorológicas, y enero el de menor la menor temperatura. Dichos valores se encuentran en las Figuras IV.14, IV.15, IV.16 y IV.17.

***Tabla IV.7. Valores de variables descriptivas de los elementos del clima, temperaturas y precipitación y de la evaporación, en las estaciones meteorológicas seleccionadas para la caracterización ambiental del proyecto.***

| Estación | | Ubicación (Mpio.) | Temperatura promedio (ºC) | | | Precipitación (mm) | Evaporación (mm) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Clave | Nombre | | Máx. | Media | Mín. | | |
| 13042 | Zacualtipán (SMN) | Zacualtipán | 22.2 | 15.2 | 8.2 | 1,403.0 | 1,114.4 |
| 13048 | Tlanchinol (SMN) | Tlanchinol | 22.4 | 17.2 | 12.0 | 2,235.1 | 891.6 |
| 13050 | Zacualtipán (DGE) | Zacualtipán | 18.8 | 13.6 | 8.5 | 1,287.2 | --- |
| 13066 | C.E.T.A 006 Molango | Molango | 25.7 | 18.5 | 11.4 | 1,634.4 | 871.0 |

#### IV.3.1.1.1.2. Evaporación

La humedad atmosférica proviene de la evaporación a nivel del suelo y, en este proceso, las moléculas de vapor de agua escapan de los cuerpos de agua y del agua que es captada y retenida momentáneamente en la tierra y las plantas. El retorno del agua a la atmósfera se da por medio de procesos físicos y biológicos, combinados presentándose el proceso de evapotranspiración. El proceso físico de la evapotranspiración es la evaporación

directa del agua en la superficie del suelo y, el biológico es la absorción del agua y posterior transpiración de los vegetales. Aquí trataremos el término evaporación independiente del de la evapotranspiración.

La evaporación, en sí, depende de la cantidad de calor absorbida por el suelo, que está en relación con el balance energético. La evaporación continuará hasta el momento en que el aire que está en contacto con la superficie evaporante esté saturado, en ese momento se produce un equilibrio entre las moléculas que dejan el líquido y el de las que se transforman en gotas de agua provenientes del vapor de agua. Como consecuencia, los factores meteorológicos que determinan la evaporación son la humedad relativa del aire, la que, a su vez, es función de la humedad absoluta y de la temperatura del aire, la radiación solar, así como de la velocidad del viento. Como consecuencia, cuanto más rápido es el viento, más rápidamente se renueva el aire en contacto con la superficie que se evapora.

De las cuatro estaciones meteorológicas analizadas, la estación Zacualtipán (DGE) no tiene registro de esta variable. En las tres estaciones meteorológicas que sí muestran los resultados de esta variable, los valores obtenidos presentaron valores de 871.0 mm, en la de Molango, 891.6 mm en la de Tlanchinol y 1,114.4 mm en la de Zacualtipán (SMN), con un valor promedio anual de 959.0 mm (Tabla IV.7).

#### IV.3.1.1.1.3. Precipitación

La precipitación se puede presentar en forma líquida (lluvia y llovizna) y sólida (granizo y nieve). A nivel nacional, las precipitaciones que mayor volumen de agua descargan es la líquida, sumando la lluvia y la llovizna. Éstas se clasifican en tres tipos, de acuerdo con el ascenso de la masa de aire húmedo: orográfica, convectiva y ciclónica (Aranda, 1998).

Según lo describe el autor arriba mencionado, la precipitación orográfica se da cuando existe una barrera que provoca una elevación del viento proveniente del mar ocasionando un ascenso, enfriamiento de la masa de aire y, finalmente, la precipitación.

La convectiva la describe como aquella ocasionada por el ascenso de una masa de aire caliente, ocasionando su enfriamiento adiabáticamente (sin intercambiar calor con su entorno), hasta alcanzar su punto de condensación y formar nubosidad de tipo cumuliforme y darse la precipitación en forma de aguacero.

Por último, la precipitación ciclónica es la que está asocia al paso de un ciclón y la divide en no frontales y frontales. Las primeras resultan del ascenso de una masa de aire debido a la convergencia de masas de aire que tienden a rellenar la zona de baja presión; y el frontal se asocia a un frente frío o a un frente cálido. En el primer caso, el aire cálido es desplazado por el aire frío formando una nubosidad vertical que provoca chubascos, los cuales a veces llegan a ser intensos, tormentas y granizadas. Y, en las precipitaciones de frentes cálidos el aire caliente asciende formando una nubosidad más estratiforme y, por lo tanto, provoca lluvias y lloviznas más continuas y prolongadas, pero de baja intensidad.

De los tres tipos de precipitación arriba mencionadas, por su ubicación y orografía, en el SAR del proyecto las precipitaciones que se tienen corresponden a los tipos orográficas y convectivas. La ubicación geográfica del estado y la fisiografía que lo rodea, caracterizada por la barrera orográfica que representa ser la Sierra Madre Oriental, es un impedimento para que se presente un mayor volumen de agua precipitada al año, ya que impide el paso de los vientos húmedos que vienen del Golfo de México, provocando que el agua que traen esas nubes sea descargada en regiones de los estados de Veracruz, San Luis Potosí e Hidalgo.

En el estado de Hidalgo la precipitación topográfica se presenta por efecto de los vientos húmedos provenientes del Golfo de México, principalmente, donde el sistema montañoso del Eje Neovolcánico provoca una elevación del viento generando la descarga de agua en el valle central. Por otro lado, la precipitación convectiva, la de menor incidencia, se presenta por efecto del calentamiento del viento debido a la generación de calor a nivel de suelo por efecto de las actividades en las zonas metropolitanas.

Como se puede observar del análisis realizado en las estaciones meteorológicas, la precipitación promedio anual resultó ser de 1,639.9 mm, con una máxima y mínima de 762.72,235.1 y 1,287.2 mm anuales, respectivamente. En la estación meteorológica Tlanchinol (SMN) fue la registró la mayor precipitación y la estación Zacualtipán (DGE) la menor, muy similar a la registrada en la estación Zacualtipán (SMN) con 1,403.0 mm de precipitación anual.

Las lluvias tienen un comportamiento estacional, cayendo entre el 73.86 y el 77.65% de su volumen total anual de agua entre los meses de junio a octubre (Figuras IV.14, IV.15, IV.16 y IV.17). Septiembre resulta ser el mes con mayor precipitación durante el año en las cuatro estaciones meteorológicas, mes en el cual se tienen precipitaciones que representan entre el 19.60% y el 23.10% del volumen total anual. Por otro lado, febrero es el mes con menor precipitación en tres de las cuatro estaciones, solo en la estación de C.E.T.A 006 Molango resultó ser el mes de marzo el que tuvo la menor precipitación promedio mensual, con volúmenes que van del 1.74% al 2.37% de la precipitación promedio anual.

#### IV.3.1.1.1.4. Granizadas

El granizo es una forma de precipitación con el agua en estado sólido en forma redondeada. Esto se debe a las fuertes corrientes verticales de aíre que arremolinan las gotas de lluvia por encima y por debajo del punto de congelación del agua. Entonces su origen está estrechamente relacionado con las nubes de gran desarrollo vertical (cumulonimbos), que se forman durante la estación lluviosa de verano principalmente en las partes altas de la nube donde la temperatura es baja.

Jiménez et al (2012) refieren que la bola de hielo (granizo) se forma dentro de la nube cuando esta alcanza alturas superiores al nivel de congelación y crecen por las colisiones sucesivas de partículas de agua que se encuentran a una temperatura menor que la de su punto de solidificación, pero que permanece en estado líquido y queda suspendida en la nube. La precipitación del granizo se da cuando su tamaño es demasiado pesado para ser sostenido por las corrientes de aire. Su tamaño puede ir desde los 5.0 mm de diámetro hasta el tamaño de una pelota de golf.

Puesto que dichas tormentas son comunes cuando hay nubes de desarrollo vertical, se esperaría que las zonas montañosas sean mayormente afectadas, siendo en los valles un tanto ocasional o repentina su ocurrencia. Pero contradictoriamente, aunque sean menos frecuentes e intensas las granizadas, es en los valles donde hacen más daño, por ejemplo, en zonas rurales, los granizos destruyen las siembras y plantíos; a veces causan la perdida de animales de cría y en las regiones urbanas afecta viviendas, construcciones y áreas verdes. En ocasiones, el granizo se acumula en cantidad suficiente dentro del drenaje para obstruir el paso de agua y general inundaciones durante algunas horas.

Los autores antes mencionados mencionan que las granizadas en México se presentan en la región del altiplano, principalmente en los valles de la porción sur y en la Sierra Madre Occidental, en la Sierra Madre del Sur y en algunas regiones de Chiapas, Guanajuato, Durango y Sonora. Las ciudades mayormente impactadas por este fenómeno son Puebla, Tlaxcala, Zacatecas, Ciudad de México y Pachuca, principalmente entre los meses de mayo, julio y agosto.

Las estaciones meteorológicas analizadas para describir el clima de la región no cuentan con información relacionada con el número de granizadas al año. No obstante, de acuerdo con la cartografía elaborada por el CENAPRED (2012), el área del SAR se ubica en una región en la que se tiene como máximo una granizada al año, misma franja en la que se ubica la ciudad de Pachuca de Soto (Figura IV.18). Este valor lo lleva a clasificarse como una región con un índice y grado de peligro por granizo bajo (Jiménez et al., 2012).

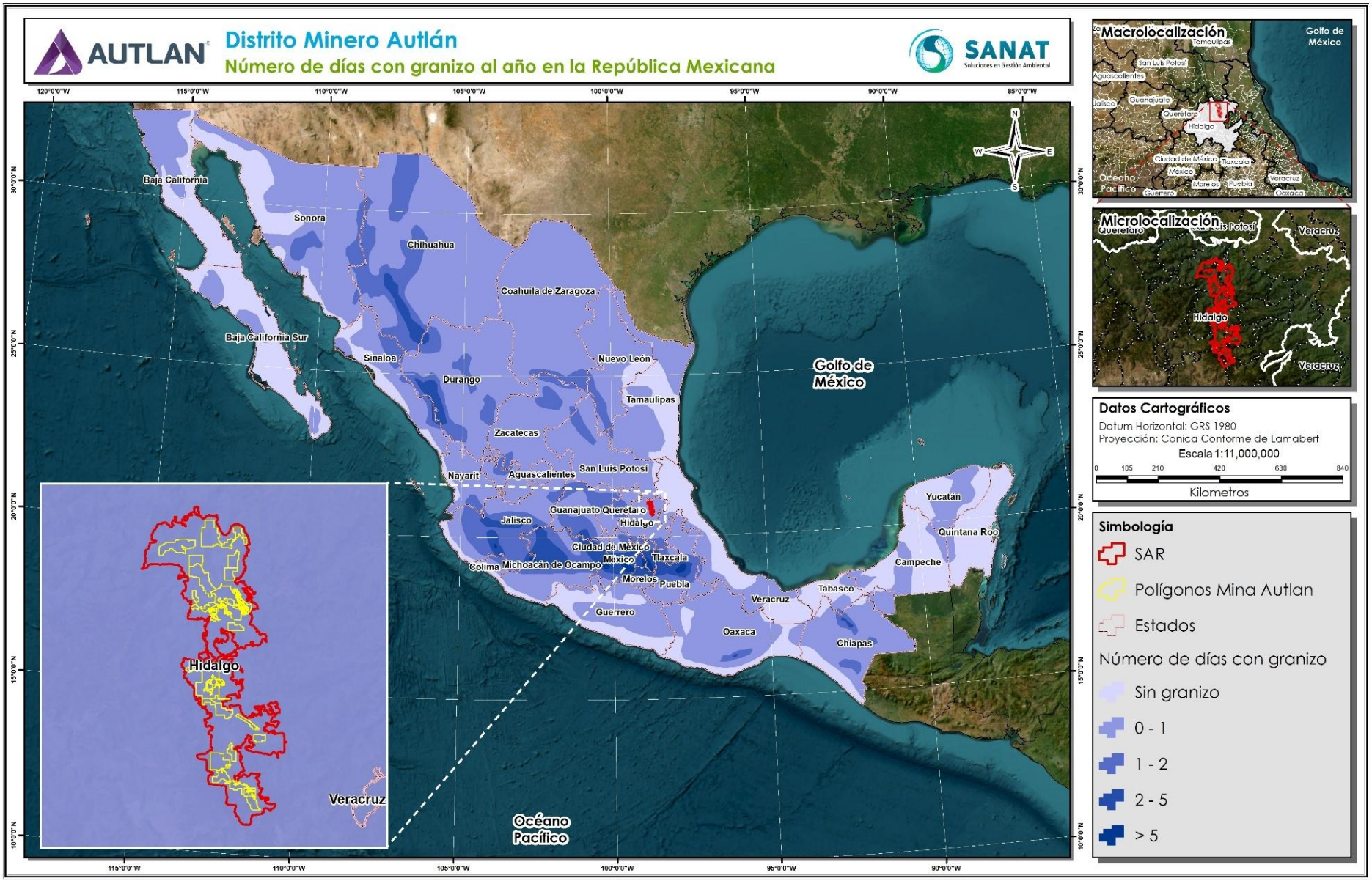



*Figura IV.18. Número de días con granizo en el polígono del SAR de acuerdo con la carta elaborada por el CENAPRED.*

### IV.3.1.2. Ciclones tropicales

Estos fenómenos meteorológicos son una gran masa de aire cálido y húmedo con fuertes vientos que giran en forma de espiral alrededor de una zona de baja presión (Rosengaus et al., 2002). Cuando éstos se ubican en el hemisferio norte giran en el sentido contrario a las manecillas del reloj. De acuerdo con lo mencionado por Matías (2013), este tipo de fenómenos del hemisferio norte se generan en los océanos Atlántico, Índico y Pacífico, entre los 5º y 15º de latitud.

Para poder monitorear la magnitud e intensidad de sus efectos, así como para poder pronosticar un ciclón tropical, es necesario dar seguimiento a los parámetros: presión mínima central, vientos máximos sostenidos y la dirección y velocidad de traslación. La manera más común de clasificarlos se asocia a la velocidad de sus vientos. Las depresiones tropicales se caracterizan por tener velocidad de sus vientos menor de 63 km $h^{-1}$. Una tormenta tropical tiene una velocidad del viento entre 63 y 118 km $h^{-1}$ y, un huracán presenta una velocidad del viento mayor a los 119 km $h^{-1}$.

Los efectos provocados por estos fenómenos meteorológicos en el ser humano y los recursos naturales, principalmente la de los huracanes, son devastadores por sus lluvias que suelen ser intensas, con presencia de vientos fuertes y generadores de fuertes oleajes e inundaciones costeras.

Diversos trabajos han evaluado el impacto de estos fenómenos meteorológicos en el medio ambiente, entre estos tenemos los realizados por Whigham et al. (1990), Lynch (1991), Tanner y Kapos (1991), Whigham et al. (1991), Whigham et al. (2003) y Pat-Aké et al. (2018) en la península de Yucatán evaluando el impacto ambiental que tuvo el huracán Gilberto en septiembre de 1988 y el huracán Dean en Quintana Roo, respectivamente. De acuerdo con lo mencionado por Tanner y Kapos (1991), el impacto de los huracanes va a depender de las características propias del fenómeno meteorológico, el ecosistema y de la topografía. Entre las características del huracán están la intensidad de los vientos, el diámetro del ojo y la velocidad de desplazamiento; las del ecosistema el tipo de vegetación, altura del dosel y especies presentes; y, en cuanto a topografía el relieve del área donde éste impacte.

Además, los autores antes mencionados resaltan en sus análisis el impacto que se ocasiona al ecosistema en el corto y largo plazo. Whigham et al. (2003), mencionaron que los impactos de los huracanes son altamente visibles de manera inmediata una vez que pasó el fenómeno, los cuales son cubiertos o enmascarados a la larga. Los efectos se pueden observar a nivel de la vegetación, incluyendo a los árboles, particularmente la fauna silvestre, en el ambiente y en los procesos ecológicos (Lynch, 1991; Tanner y Kapos, 1991; Whigham et al., 2003).

Los efectos de los huracanes sobre la vegetación en el corto plazo son la defoliación y pérdida de las ramas pequeñas, ramas gruesas y fustes quebrados y árboles derribados con raíces fuera del suelo, muerte de individuos, disminución de especies y abundancia de aves y anfibios y muerte de individuos (Lynch, 1991; Tanner y Kapos, 1991). Los efectos con el ambiente y los procesos ecológicos mencionados en el corto plazo son la mayor producción de material vegetal muerto, tanto hojarasca como madera, incremento de la temperatura del aire y suelo, disminución de la humedad relativa y de la evapotranspiración, modificación del paisaje, erosión, mayor presencia de derrumbes, incremento de la disponibilidad de nutrientes en el suelo (no se ha demostrado), reducción de la humedad del suelo, destrucción del dosel forestal y disminución del índice de área foliar y del área basal por unidad de superficie (Tanner y Kapos, 1991; Whigham et al., 2003).

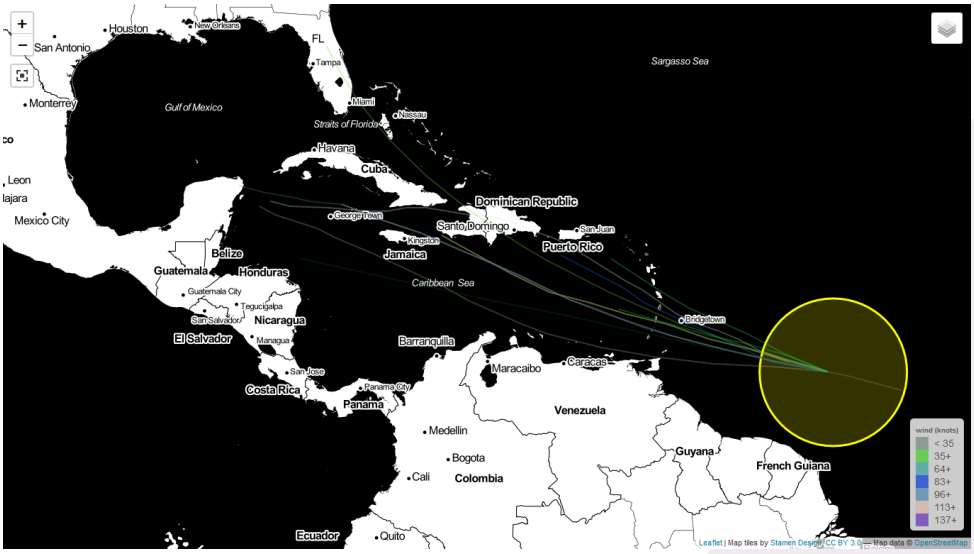
La recuperación del ecosistema dependerá de la severidad de la afectación, la vulnerabilidad y resiliencia del ecosistema. Lynch (1991), Whigham et al. (1991, 2003) y Pat-Aké et al. (2018), encontraron que después de 14 – 18 meses después de haber golpeado el huracán Gilberto en el estado de Quintana Roo se llegó a tener algunas

variables al nivel existentes previo a la afectación, básicamente relacionado con el nivel de cobertura del suelo por la vegetación y la diversidad y abundancia de especies de fauna silvestre. Sin embargo, Whigham et al. (2003), mencionaron que en el proceso de recuperación se encontró un cambio en la composición de especies y del dosel forestal, además de que sus evaluaciones determinaron que llevaría décadas alcanzar el área basal existente previo al impacto del huracán Gilberto.

Un cambio similar lo obtuvo Lynch (1991) solo que en aves. En sus evaluaciones encontró que después de 18 meses se tenía una diversidad de especies de fauna similar a las presentes antes del huracán; sin embargo, se dio un cambio en las especies que se encontraban en la región, con predominancia de especies migratorias y una lenta recuperación de especies residentes, sufriendo más la frugívoras y nectarívoras que las insectívoras. Esto puede estar asociado a la pérdida de especies de flora silvestre y, con ello, de la fuente de alimentación de estas especies de aves.

En el territorio nacional los huracanes generalmente ocurren entre los meses de mayo a noviembre, principalmente durante la época cálida cuando las temperaturas del mar son del orden de 26 °C y, una vez ya formados se desplazan hacia el oeste. De hecho, el Caribe mexicano, así como la costa sur del Pacífico, mantienen temperaturas de la superficie del mar que permiten sustentar ciclones tropicales durante todo el año (Rosengaus et al., 2002).

El estado de Hidalgo está más propenso a sufrir el efecto de estos fenómenos hidrometeorológicos cuando estos tienen su entrada por el lado del golfo de México. Normalmente, cuando éstos se presentan provienen de la zona del Atlántico sur (Figura IV.19 y IV.20), al atravesar la parte terrestre de la península de Yucatán sufren una disminución en la intensidad de la velocidad de los vientos, mismo que pueden volver a reactivarse al cruzar y llegar a la zona del Golfo de México.




Fuente: Imagen obtenida de la página web https://www.cyclocane.com/es/.

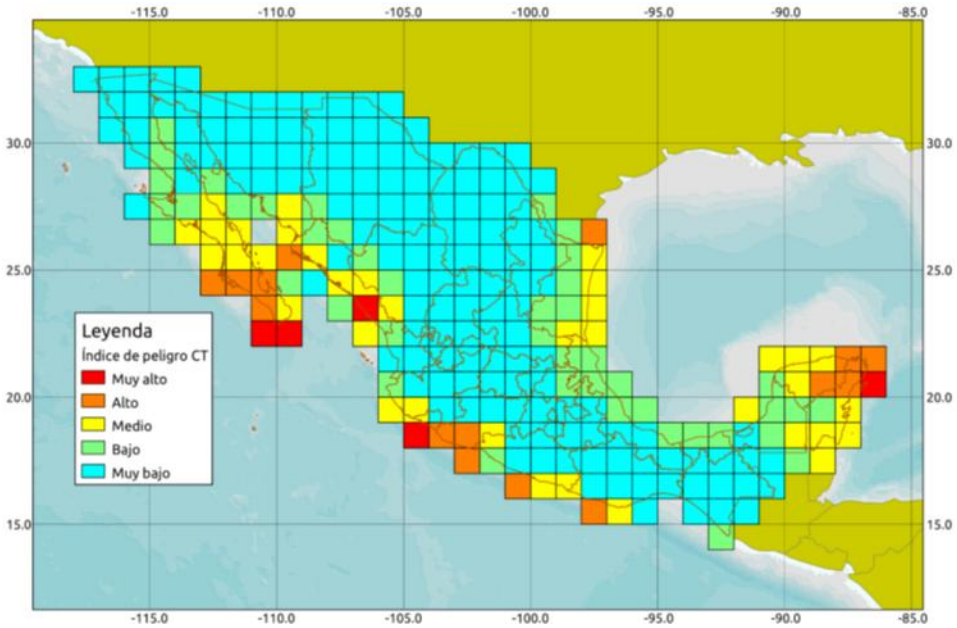
***Figura IV.19. Formación y trayectorias comunes de los ciclones tropicales que llegan a impactar la península de Yucatán, llegando a pasar al Golfo de México.***




Fuente: CONAGUA, en: https://smn.conagua.gob.mx/es/ciclones-tropicales/informacion-historica

***Figura IV.20. Origen y trayectoria de ciclones tropicales que se originaron en el océano Atlántico en la temporada de ciclones del año 2024.***

El polígono del SAR del proyecto se encuentra aproximadamente a 135 km alejado de la costa del Golfo de México, esto más la orografía de la Sierra Madre Occidental le favorece para que el índice de peligro y el grado de amenaza por la presencia de ciclones tropicales sea clasificado como bajo (Figura IV.21 y IV.22) (Jiménez et al., 2012). Si bien, la región, y el estado en sí, no es propensa a recibir el efecto destructivo de las ondas tropicales, sí se ve impactada por ondas de precipitación pluvial provenientes principalmente de la zona del Golfo de México. Estas ondas de precipitación llegan sin el impacto de los fuertes vientos que caracterizan a las tormentas tropicales y huracanes, dejando a su paso solo grandes volúmenes de agua, deslizamientos, avenidas repentinas e inundaciones que afectan la infraestructura urbana, vías de comunicación y viviendas.




Fuente: Jiménez et al. (2012).

***Figura IV.21. Índice de peligro por presencia de ciclones tropicales a nivel nacional, incluyendo al estado de Hidalgo.***

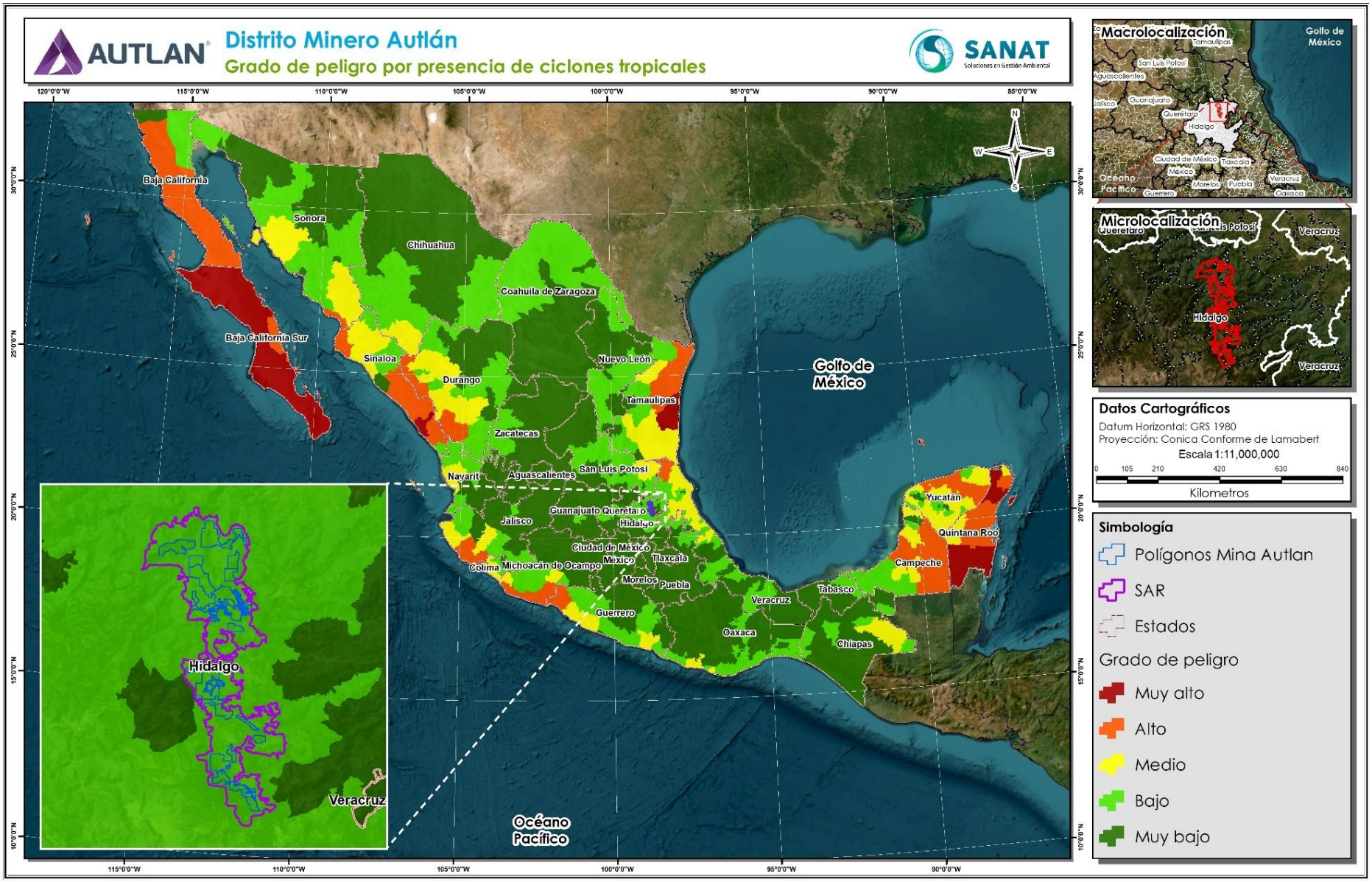



*Figura IV.22. Grado de peligro de presencia de ciclones tropicales a nivel nacional, incluyendo al estado de Hidalgo y SAR del proyecto.*

Entre las temporadas de ciclones de 2010 a 2024, en el estado de Hidalgo se ha tenido el impacto de 14 fenómenos hidrometeorológicos, manifestándose por los grandes volúmenes de agua que han caído durante su paso (Tabla IV.8). Estos fenómenos hidrometeorológicos tienen un mayor impacto en la zona costera del estado de Veracruz, donde impactan los vientos más fuertes y cae un mayor volumen de agua.

El estado de Hidalgo se ve protegido contra el efecto de estos fenómenos por la distancia que hay de los límites del estado con la zona costera del Golfo de México y por la barrera que representa la Sierra Madre Occidental. Específicamente, la sierra ayuda a disminuir la fuerza del impacto del viento y el paso de las nubes cargadas con grandes volúmenes de agua.

Las abundantes lluvias que traen estos fenómenos hidrometeorológicos se manifiestan mediante daños en la infraestructura de las vías de comunicaciones, como bloqueos de carreteras, afectaciones de la carpeta asfáltica, daños en puentes y obras de drenaje, entre otras; además, también generan afectaciones en infraestructura urbana, de educación, salud y en viviendas. Las afectaciones a zonas habitacionales dejan población damnificada y, en algunos casos, decesos.

La Subsecretaría de Protección Civil y Gestión de Riesgo (2014), reportó que en el 2011 la tormenta tropical Arlene dejó afectaciones en la infraestructura urbana, salud, educación, hidráulica, carretera y vivienda. Al siguiente año, el huracán Ernesto afectó tramos carreteros en la zona norte del estado, en la parte de la Sierra y Huasteca, siendo esta área perteneciente al SAR. En este mismo sentido, el autor antes mencionado refiere que, en el 2013 los ciclones tropicales Barry, Fernand e Ingrid afectaron 500 viviendas, seis puentes, daños en caminos y carreteras, así como en infraestructura hidráulica, educativa, urbana y hospitalaria.

Afortunadamente, el reporte de decesos durante el impacto de este tipo de fenómenos ha venido disminuyendo, siendo más frecuentes el reporte de muertes durante sus impactos antes del 2010. Para tener este importante logro, protección civil de los diferentes estados, en coordinación con el sector federal, han venido diseñando e implementando una serie de medidas preventivas que han mostrado ser efectivas.

***Tabla IV.8. Fenómenos hidrometeorológicos de mayor impacto en el estado de Hidalgo entre 2010 y 2024[§].***

| Año | Nombre | Categoría | Periodo del evento | Vientos máximos (km $h^{-1}$) | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | | Sostenidos | Rachas |
| 2010 | Karl | H (III) | 1-18 Sep | 195 | 240 |
| 2011 | Arlene | Tt | 28-30 Jun | 100 | 120 |
| | Nate | Tt | 7-11 Sep | 110 | 140 |
| 2012 | Ernesto | H (I) | 1-10 Ago | 140 | 175 |
| | Helene | Tt | 9-11 y 17-18 Ago | 75 | 95 |
| 2013 | Barry | Tt | 17-20 Jun | 75 | 95 |
| | Fernand | Tt | 25-26 Ago | 85 | 100 |
| | Ingrid | H (I) | 12-17 Sep | 140 | 165 |
| 2014 | Dolly | Tt | 1-3 Sep | 85 | 100 |
| 2016 | Danielle | Tt | 19-21 Jun | 75 | 95 |

| Año | Nombre | Categoría | Periodo del evento | Vientos máximos (km $h^{-1}$) | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | | Sostenidos | Rachas |
| | Earl | H (I) | 2-6 Ago | 130 | 150 |
| 2017 | Franklin | H (I) | 6-10 Ago | 140 | 165 |
| | Katia | H (II) | 5-9 Sep | 155 | 205 |
| 2021 | Grace | H (III) | 13-21 Ago | 205 | 240 |
| 2024 | Alberto | Tt | 17-20 Jun | 85 | 100 |

§ Con información de la CONAGUA, ver: https://smn.cna.gob.mx/es/ciclones-tropicales/informacion-historica.
§§ Categorías: H = Huracán, seguido del número de acuerdo con clasificación según la escala Saffir-Simpson, y Tt = Tormenta tropical.

### IV.3.1.3. Vientos

El viento se refiere al movimiento de las masas de aire en la atmósfera, ocasionado por el movimiento de rotación y de traslación terrestres, que se origina por diferencias en la radiación solar, y al desigual calentamiento del aire producido por las diferencias de presión. La intensidad y duración con que se presenten los vientos va a depender de factores meteorológicos y geográficos específicos, y su ocurrencia está asociada a fenómenos atmosféricos diversos, como tormentas, sistemas de baja presión o cambios climáticos abruptos.

Para poder entender cómo se comportan los vientos en la meseta central del país, de la cual forma parte el estado de Hidalgo, hay que considerar que por su ubicación se encuentra influenciada tanto por los fenómenos meteorológicos procedentes del Golfo de México, como de los que se originan en el océano Pacífico. Los sistemas anticiclónicos provenientes de estas dos regiones provocan una reacción en cadena de eventos atmosféricos. Como primera acción, se bloquea el movimiento vertical del aire (es decir se forma una estabilidad atmosférica), esto conduce a frenar los procesos de formación de nubes, lo que a su vez origina una gran incidencia de radiación solar sobre la superficie terrestre y por lo tanto la atmósfera se vuelve altamente fotoreactiva. De esta manera, la radiación solar constituye un primer elemento básico para que los hidrocarburos y óxidos de nitrógeno reaccionen y se lleve a cabo la formación de ozono troposférico y otros gases oxidantes (Lara, 2001).

De acuerdo con los datos de las estaciones meteorológicas descritas anteriormente, las temperaturas medias mensuales más bajas se encuentran en los meses de diciembre, enero y febrero, que provocan en algunas ocasiones heladas, debido a la invasión de frentes fríos procedentes de Canadá y Estados Unidos. En esta época también provienen del norte vientos polares y corrientes en chorro que provocan descensos de las temperaturas. Las corrientes en chorro se caracterizan por vientos veloces y transporte de humedad que generan bajas precipitaciones. Las masas de aire frío y seco, impulsadas por sistemas anticiclónicos situados en la porción centro - occidental de Estados Unidos y Canadá, avanzan hasta la zona central del territorio mexicano y se extienden sobre el Valle de México. Este fenómeno provoca descensos de temperatura y estratificación de las capas troposféricas, induciendo la formación de inversiones térmicas en superficie o en capas atmosféricas muy bajas (Lara, 2001).

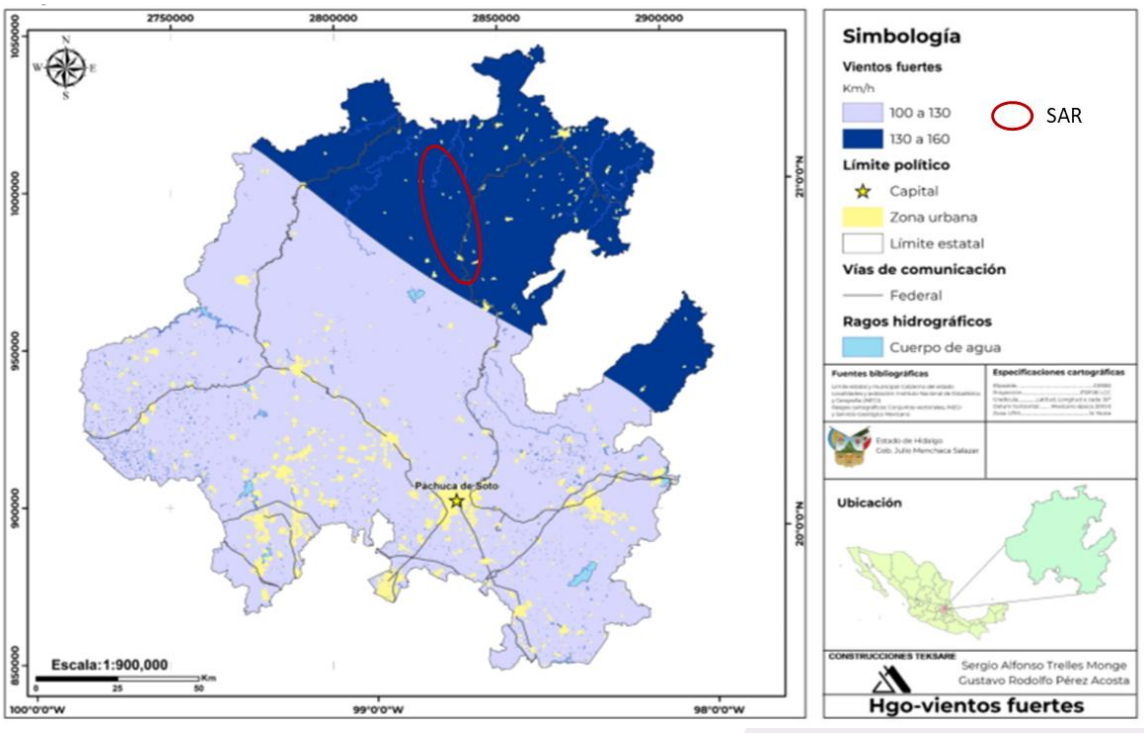
En el estado de Hidalgo el flujo de viento de superficie es el resultado de la combinación de la fisiografía de la región y los fenómenos meteorológicos sinópticos (borrascas, anticiclones, ciclones, huracanes, entre otros). A escala local, las montañas que de la Sierra Madre Occidental influyen en la dirección y velocidad del viento; en la escala sinóptica predomina un flujo desde el oeste con condiciones anticiclónicas durante los meses de noviembre a abril, el resto del año los vientos alisios acarrean humedad desde el este, que provoca lluvias en la cuenca del Valle de México,

incluyendo al estado de Hidalgo. Los procesos convectivos pueden provocar también un aumento en la velocidad de viento.

Como se puede ver en los climogramas de las estaciones meteorológicas que influyen en el SAR, las precipitaciones más bajas se presentan de noviembre a abril, esto se debe al enfriamiento de los océanos. Sin embargo, existen precipitaciones esporádicas por la irrupción de masas de aire frío y los vientos llamados “nortes”, los que propician humedad. En estos meses predominan los vientos secos del oeste que frecuentemente levantan nubes de polvo.

En los mismos climogramas se puede observar que, el régimen de lluvias normal comienza en junio y termina en octubre, siendo de julio a septiembre los meses más lluviosos. Las lluvias extraordinarias que ocurren en verano están relacionadas con los fenómenos tropicales, como son los vientos alisios, las depresiones y tormentas tropicales y los huracanes. En esta época de lluvias, el estado de Hidalgo se ve influenciado por la entrada de aire cálido y húmedo procedente principalmente del golfo de México, aunque también existen regiones del sur del estado en las que se tiene influencia del océano Pacífico, favoreciendo el movimiento ascendente del aire e inhiben la formación de inversiones térmicas.

De acuerdo con lo indicado en el atlas de riesgos del estado de Hidalgo, actualización 2024, el estado se diferencian dos zonas de acuerdo con los rangos de vientos fuertes que se llegan a presentar (Figura IV.23). La parte central y sur del estado se caracteriza por llegar a tener vientos fuertes que llegan a ser del rango de los 100 km $h^{-1}$ (27.8 m $s^{-1}$) a los 130 km $h^{-1}$ (36.1 m $s^{-1}$). La parte norte del estado, básicamente la parte de la sierra y huasteca, donde se ubica el SAR del proyecto, se caracteriza por llegar a tener vientos fuertes que van de los 130 km $h^{-1}$ (36.1 m $s^{-1}$) a los 160 km $h^{-1}$ (44.4 m $s^{-1}$).

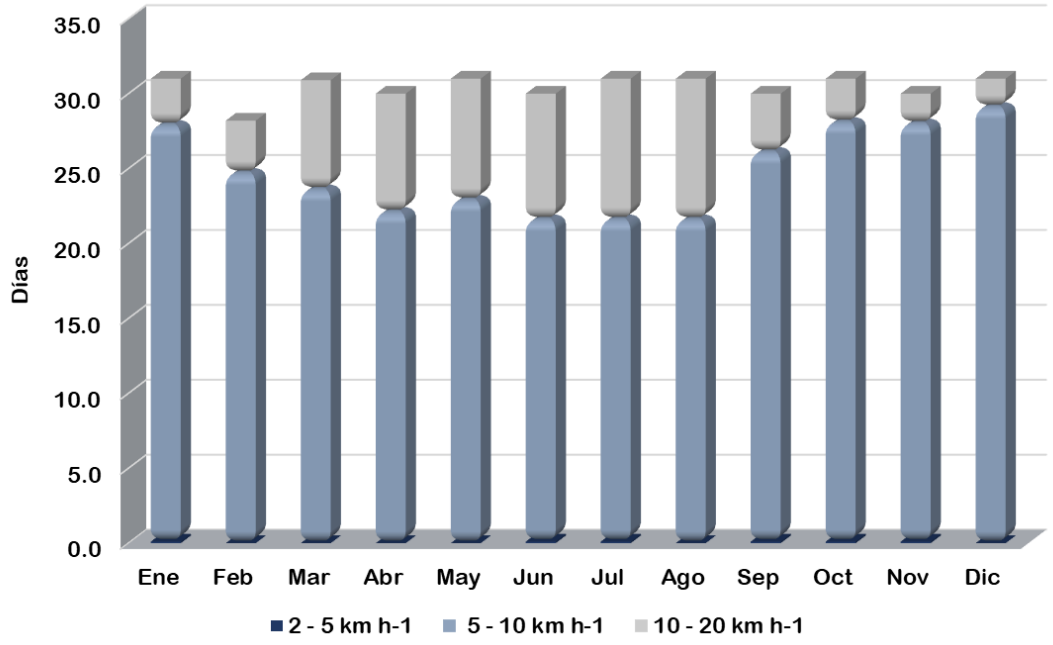



Fuente: Adaptada del Atlas de riesgos del estado de Hidalgo, actualización 2024, en: https://rmgir.proyectomesoamerica.org/PDFAtlasEstatales/HIDALGO_2024.pdf

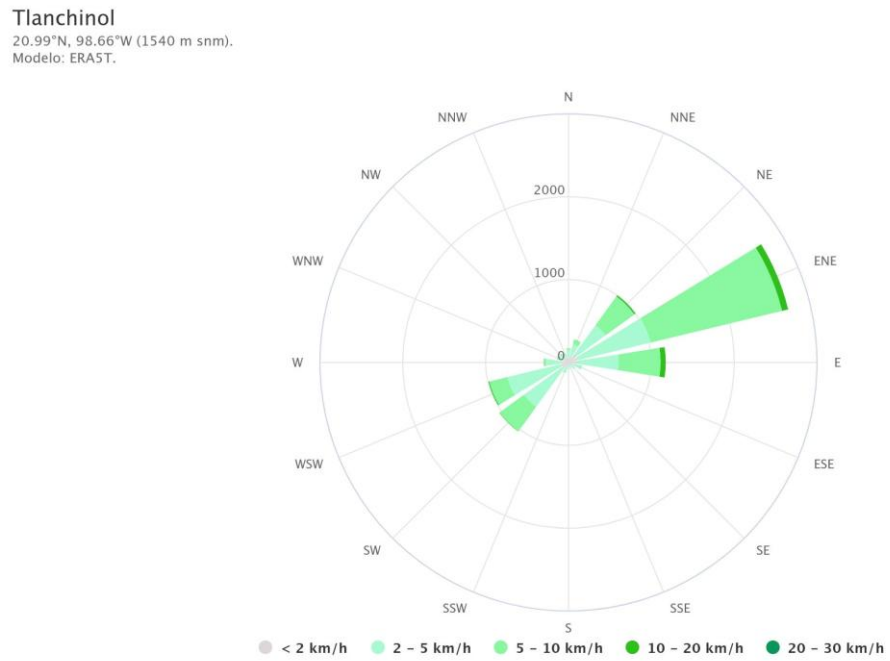
***Figura IV.23. Ubicación aproximada del SAR con respecto al rango de velocidad de los vientos fuertes que se llegan a presentar en el estado de Hidalgo.***

En el municipio de Tlanchinol se reporta un histórico con predominancia de velocidades de viento de tres rangos: 2 – 5 km $h^{-1}$ (0.6 a 1.4 m $s^{-1}$), 5 – 10 km $h^{-1}$ (1.4 a 2.8 m $s^{-1}$) y 10 – 20 km $h^{-1}$ (2.8 a 5.6 m $s^{-1}$) (Figura IV.24). De estos tres rangos, predomina el de 5 a 10 km $h^{-1}$, con 24.7 días en promedio al mes, seguido por el rango de 10 a 20 km $h^{-1}$, con 5.7 días en promedio al mes. El rango menor, de 2 a 5 km $h^{-1}$ solo se presenta en promedio 0.1 días al mes.

Los vientos de mayor velocidad se presentan principalmente entre los meses de marzo a agosto, con entre 7.3 y 9.4 días en promedio en estos meses. Los vientos de entre 5 y 10 km $h^{-1}$ son los predominantes en la región con un rango de entre 21.5 y 29.1 días al mes y un promedio de 24.7 días al mes. Los vientos de este rango tienen mayor presencia de octubre a enero y menor entre abril y agosto, cuando suben los del rango mayor. Finalmente, los vientos con el menor rango tienen muy baja presencia en la región, con un promedio 0.1 días al mes, presentándose principalmente en los meses de enero, junio, julio, septiembre, octubre y noviembre.




Fuente: Adaptado de Meteoblue, en:
https://www.meteoblue.com/es/tiempo/historyclimate/climatemodelled/tlanchinol_méxico_3515397




Fuente: Tomada de Meteoblue, en: https://www.meteoblue.com/es/tiempo/historyclimate/climatemodelled/tlanchinol_méxico_3515397

***Figura IV.24. Velocidad y dirección del viento promedio en la estación meteorológica de Tlanchinol, estado de Hidalgo.***

En la región dominan los vientos ENE con mayor presencia del rango de entre 5 y 10 km $h^{-1}$, además de tener una alta incidencia de vientos con un rango de velocidad de entre 10 y 20 km $h^{-1}$. También se puede destacar la presencia de vientos del Este, en los que además de tener dominancia de los vientos de 5 a 10 km $h^{-1}$, también se destaca la presencia de vientos del mayor rango. Los vientos NE, SW y WSW son los de menor rango, que son los vientos de un rango que va de entre 2 y 5 km $h^{-1}$.

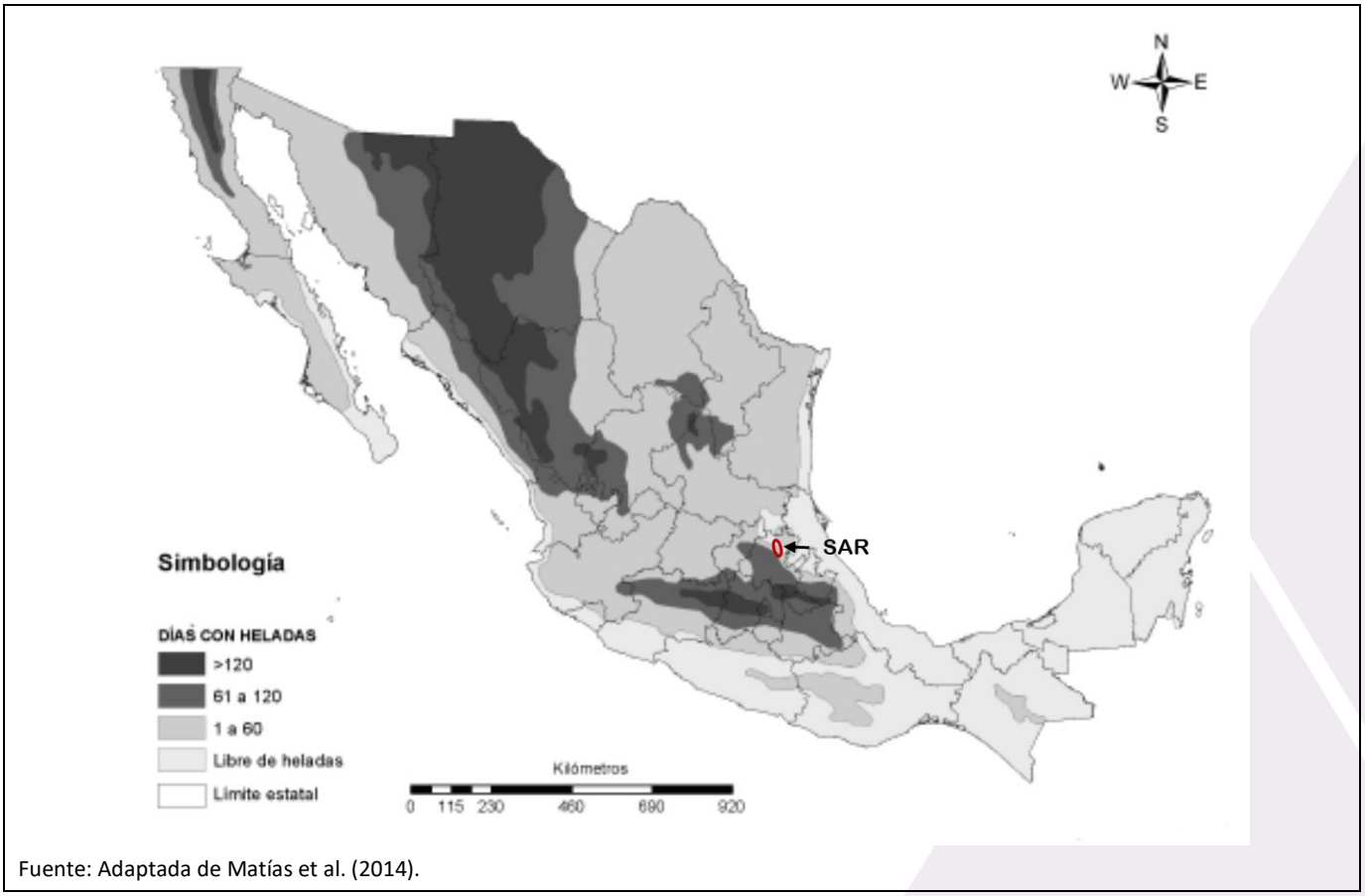
### IV.3.1.4. Heladas

En el país existen áreas donde es más común la presencia de heladas, principalmente durante la época invernal. Una helada ocurre cuando la temperatura del aire cercano al suelo disminuye a 0°C o menos, durante un periodo mayor a cuatro horas (Matías et al., 2014). Por lo que, debido a la variación de la temperatura durante el día, es más común que éstas se presenten en las primeras siete horas del día, previo a la salida del sol.

Entre los factores que inciden para la formación de heladas están la nubosidad, humedad atmosférica, radiación solar y el viento. Para el caso de este último, un factor que favorece la generación de una helada es la falta de viento, ya que reduce la posibilidad de que el aire más caliente, normalmente el más alejado del suelo, se mezcle con el aire más frío que está cerca del suelo. Sin embargo, la condición orográfica, época del año, viento y temperatura pueden favorecer la formación de heladas debido al proceso de inversión térmica (Matías et al., 2014). No obstante, lo anterior, el viento no es factor determinante para la formación de heladas, en la generadas por advección, formadas por masas de aire frío de origen continental, la velocidad del viento es de moderado a alto (> 15 km $h^{-1}$), siendo más comunes su formación en zona de valles.

En México, existen dos regiones con mayor manifestación de heladas, la primera se ubica al norte del país sobre las sierras Tarahumara, de Durango y Tepehuanes, en los estados de Chihuahua, Durango, Sonora y Zacatecas. La segunda se ubica en la parte central del país, incluyendo a los estados de Michoacán, Estado de México, CDMX, Tlaxcala, Puebla e Hidalgo. La presencia de este fenómeno climático en estas dos regiones se debe al ingreso de aire polar continental, generalmente seco, proveniente de Estados Unidos. Esta masa de aire polar proveniente de norte entra por los estados de Nuevo León y Tamaulipas y llega hasta la Sierra Madre Occidental y el Altiplano Mexicano, entre los meses de noviembre a febrero, generando descensos de temperatura menores a los 0ºC (Matías et al., 2014).

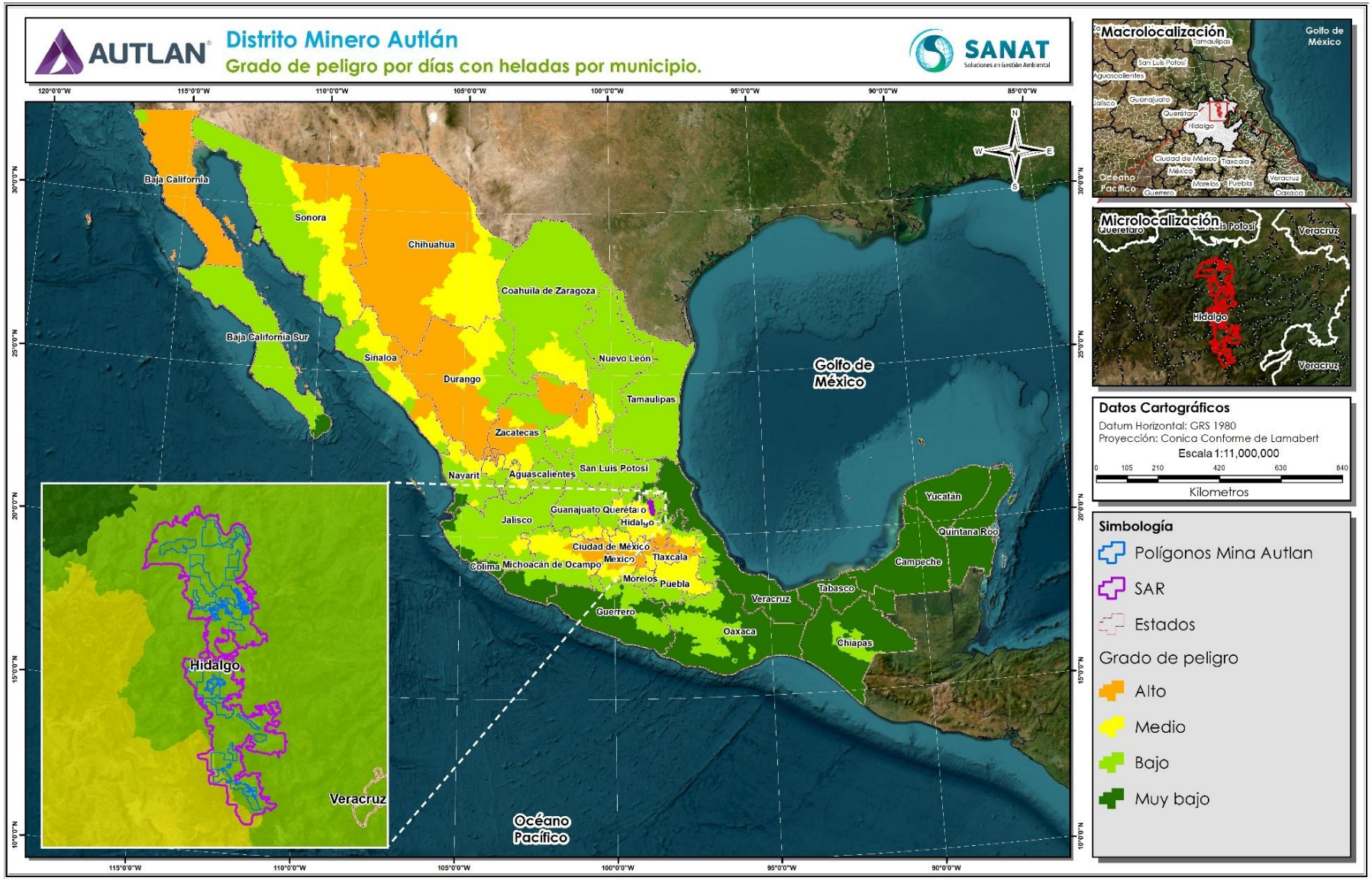
De acuerdo con Matías et al. (2014), toda la parte central del Estado se caracteriza por llegar a tener entre 61 y 120 días de heladas al año (Figura IV.25). Entre esta franja, se inserta una franja angosta y alargada al sur del Estado, la cual llega hasta el estado de Tlaxcala, en la cual se presentan más de 120 días con heladas. Sin embargo, el área del SAR delimitado para el proyecto se ubica aproximadamente entre dos zonas, al norte del SAR hay una ligera área donde no se tienen heladas, pero la mayor parte del SAR se ubica en una zona donde se tienen hasta 60 días con heladas.




Fuente: Adaptada de Matías et al. (2014).

*Figura IV.25. Distribución de los días con presencia de heladas a nivel nacional.*

La Centro Nacional de Desastres elaboró el grado de peligro por días con heladas a nivel municipal. clasificándolo de muy bajo a muy alto. Este mapa muestra a los municipios que tienen menor y mayor manifestación de este fenómeno meteorológico. De acuerdo con este análisis, el SAR del proyecto se ubica mayormente en una región en la cual se tiene un grado de peligro por días con heladas bajo, solamente una pequeña franja al suroeste del SAR, en el municipio de Metztitlán, se clasifica con un peligro medio (Figura IV.26).




Fuente: CENAPRED (2012), en: http://www.conabio.gob.mx/informacion/gis/?vns=gis_root/riesgo/riehidmet/gpdhelmgw.

*Figura IV.26. Clasificación de las áreas del SAR del proyecto con respecto al grado de peligro por días con heladas por municipio.*

### IV.3.1.5. Aire

El monitoreo de la calidad del aire en México se remonta a la década de los 50's cuando se instalaron las primeras estaciones de monitoreo de la calidad del aire en la Ciudad de México. La WHO/UNEP (1992) reporta que en 1966 se instalaron 14 estaciones manuales para el monitoreo de la calidad del aire y en la década de los 70's otras 22. Como resultado de la operación de las estaciones de monitoreo, se pudo determinar que a finales de los 80's la contaminación atmosférica en la Ciudad de México empezó a representar un problema ambiental y de salud para los habitantes, llegando a un nivel que fue necesario el establecimiento de medidas para reducir las emisiones de contaminantes.

En un principio las variables medidas eran las partículas suspendidas y el dióxido de azufre, considerados en aquel entonces como los principales contaminantes, después llamados contaminantes criterio. Posteriormente se adicionaron otros contaminantes y, en la actualidad se reconocen seis: partículas suspendidas menores a 10 micrómetros ($PM_{10}$), partículas suspendidas menores a 2.5 micrómetros ($PM_{2.5}$), ozono ($O_3$), dióxido de azufre ($SO_2$), dióxido de nitrógeno ($NO_2$) y el monóxido de carbono (CO).

El monitoreo de la concentración de estos contaminantes se realiza para evaluar la calidad del aire en un área determinada en un momento dado, para ello, la concentración obtenida se compara con los valores permitidos por la normatividad oficial en la cual se definen los límites máximos permisibles de la concentración de los contaminantes en el aire.

En México, es la Secretaría de Salud, no la SEMARNAT, la encargada de emitir y actualizar las normas oficiales mexicanas que determinan los límites máximos permisibles de concentración de contaminantes en el aire a fin de que no se presenten efectos adversos y significativos en la salud de la población. A partir de la publicación de las primeras normas oficiales mexicanas (NOM) técnicas en la materia, algunas de ellas han sido modificadas (actualizadas) y otras nuevas han sido publicadas, tomando en cuentas los nuevos descubrimientos y las necesidades de protección de la población y el medio ambiente.

Actualmente están vigentes siete NOM que definen los contaminantes criterio, una para cada contaminante criterio más otra que establece los límites permisibles de plomo (Pb), el cual ha dejado de ser un problema en la calidad del aire debido a las políticas establecidas en el gobierno para controlarlo. En la Tabla IV.9 se incluyen las normas oficiales vigentes relacionadas con la calidad del aire publicadas por la Secretaría de Salud.

***Tabla IV.9. Normas oficiales mexicanas actualmente vigentes que definen los estándares máximos para el monitoreo de la calidad del aire a nivel nacional.***

| Contaminante | NOM | Publicación | Descripción |
|---|---|---|---|
| Dióxido de azufre ($SO_2$) | NOM-022-SSA1-2019 | 20 de agosto de 2019. | 0.075 ppm[§], máximo promedio horario. |
| | | | 0.04 ppm, valor límite de 24 horas. |
| Monóxido de carbono (CO) | NOM-021-SSA1-2021 | 29 de octubre de 2021. | 26.0 ppm, máximo de las concentraciones horarias. |
| | | | 9.0 ppm, máximo anual como promedio móvil de 8 horas de CO. |
| Dióxido de nitrógeno ($NO_2$) | NOM-023-SSA1-2021 | 27 de octubre de 2021 | 0.106 ppm, promedio horario. |
| | | | 0.021 ppm, promedio anual. |

| Contaminante | NOM | Publicación | Descripción |
|---|---|---|---|
| Ozono ($O_3$) | NOM-020-SSA1-2021 | 28 de octubre de 2021. | 0.090 ppm, promedio horario. |
| | | | 0.065, 0.60 y 0.051 ppm, máximo anual del promedio móvil de 8 horas, para los años 1, 3 y 5 a partir de que la norma entra en vigor. |
| Partículas suspendidas totales (PST) | NOM-024-SSA1-1993 | --- | Derogada |
| Partículas menores a 10 micrómetros ($PM_{10}$) | NOM-025-SSA1-2021 | 27 de octubre de 2021. | 70, 60 y 50 µg $m^{3-1}$, promedio 24 horas para los años 1, 3 y 5 a partir de que la norma entra en vigor. |
| | | | 36, 28 y 20 µg $m^{3-1}$, promedio anual para los años 1, 3 y 5 a partir de que la norma entra en vigor. |
| Partículas menores a 2.5 micrómetros ($PM_{2.5}$) | NOM-025-SSA1-2021 | 27 de octubre de 2021. | 41, 33 y 25 µg $m^{3-1}$, promedio 24 horas para los años 1, 3 y 5 a partir de que la norma entra en vigor. |
| | | | 10 µg $m^{3-1}$, promedio anual. |
| Plomo (Pb) | NOM-026-SSA1-2021 | 29 de octubre de 2021. | 0.50 µg $m^{3-1}$, obtenido a partir de la fracción $PM_{10}$ por el método gravimétrico a condiciones locales. |

§ 1 ppm = 1000 ppb.

Las NOM técnicas definen los métodos de medición recomendados para el monitoreo de los contaminantes criterio. Estos métodos de medición pueden ser de referencia o equivalentes. Generalmente los métodos de medición propuestos por las NOM tienen una correspondencia con los designados por la Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos (US EPA, por sus siglas en inglés), por lo que cuando no existe una NOM para un contaminante criterio se utiliza la recomendación de la US EPA.

Aunadas a las NOM antes mencionadas, en 2012 se publicó en el Diario Oficial de la Federación la norma oficial mexicana NOM-156-SEMARNAT-2012 que define el establecimiento y operación de sistemas de monitoreo de la calidad del aire, la cual es de observancia obligatoria para los gobiernos locales o centros de población que cuenten con alguna de las condiciones siguientes:

- Asentamientos humanos con más de quinientos mil habitantes;
- Zonas metropolitanas;
- Asentamientos humanos con emisiones superiores a veinte mil toneladas anuales de contaminantes criterio primario a la atmósfera;
- Conurbaciones; y
- Actividad industrial que por sus características se requiera del establecimiento de estaciones de monitoreo de calidad del aire y/o de muestreo de contaminantes atmosféricos.

De acuerdo con dicha norma, los gobiernos de las entidades que se encuentren en alguna de las condiciones anteriores deberán establecer un sistema de monitoreo de la calidad del aire.

Las normas oficiales mexicanas antes mencionadas definen el establecimiento y operación de sistemas de monitoreo de la calidad del aire y establecen los límites máximos permisibles de los contaminantes criterio.

Por otro lado, se tiene la norma oficial mexicana NOM-172-SEMARNAT-2019, la cual fue publicada en el Diario Oficial de la Federación el 20 de noviembre de 2019, en la que se definen los lineamientos para la obtención y comunicación del "Índice de la Calidad del Aire y Riesgo a la Salud". Esta norma tiene la finalidad de definir el procedimiento para comunicar el estado de la calidad del aire a la población de forma clara, oportuna y continua, así como las probables afectaciones a la salud poblacional y las medidas se pueden implementar para reducir la exposición a concentraciones que pueden generar afectaciones.

El pasado 25 de enero de 2024 se publicó en el Diario Oficial de la Federación la norma oficial mexicana NOM-172-SEMARNAT-2023, Lineamientos para la obtención y comunicación del índice de calidad del aire y riesgo a la salud, que viene siendo una actualización de la NOM-172-SEMARNAT-2019. Esta norma tiene como objetivo el "*Establecer los lineamientos para la obtención y comunicación diaria y horaria del Índice de Calidad del Aire y Riesgos a la Salud, con el fin de informar de manera clara, oportuna y continua el estado de la calidad del aire, los probables daños a la salud que ocasiona y las medidas que se pueden tomar para reducir la exposición*". Sin embargo, no se utiliza en la interpretación de los resultados obtenidos en las estaciones de monitoreo que se analizan en el presente apartado, ya que estos fueron obtenidos cuando aplicaba la publicada en el 2019.

Para comunicar la información sobre la calidad del aire se creó el "Índice de Calidad del Aire", un indicador que muestra el grado de pureza o de contaminación atmosférica y los potenciales riesgos y efectos para la salud humana. Para ello, se aclara la forma de medición de la concentración de los contaminantes, las normas oficiales mexicanas que lo establecen, las unidades de reporte, las concentraciones base para el cálculo del índice y la clasificación de bandas de calidad del aire y riesgo.

Para comunicar más clara y eficientemente la calidad del aire y riesgo se presentaron las bandas de calidad del aire y riesgo que contiene los distintivos que referencian al estado en un área y momento determinado. Las bandas de calidad del aire y riesgo se construyen considerando los intervalos de concentración de los contaminantes criterio, para ello, cada contaminante tiene su propio intervalo que define la calidad del aire y el nivel de riesgo asociado.

La calidad del aire y el nivel de riesgo asociado se reporta en cinco intervalos de concentración de los contaminantes criterio y son diferenciados con una escala de colores para hacerlo más fácil de entender (Tabla IV.10). Los cinco intervalos de la calidad del aire están clasificados como buena, aceptable, mala, muy mala y extremadamente mala. Y, las escalas del nivel de riesgo asociado se clasifican en bajo, moderado, alto, muy alto y extremadamente alto.

***Tabla IV.10. Escala de valoración del índice de calidad del aire y riesgo asociado a la salud de la norma oficial mexicana NOM-172-SEMARNAT-2019.***

| Calidad del aire | Riesgo asociado | Intervalos de la concentración de los contaminantes criterio[§] | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | PH $NO_2$ (ppm) | PM8 CO (ppm) | PH $O_3$ (ppm) | PM8 $O_3$ (ppm) | PM24 $SO_2$ (ppm) | PP12 $PM_{10}$ ($\mu g\ m^{3-1}$) | PP12 $PM_{2.5}$ ($\mu g\ m^{3-1}$) |
| Buena | Bajo | 0.107 | 8.75 | 0.051 | 0.051 | 0.008 | 50 | 25 |
| Aceptable | Moderado | >0.107 y 0.210 | >8.75 y 11.0 | >0.051 y 0.095 | >0.051 y 0.070 | >0.008 y 0.110 | >50 y 75 | >25 y 45 |

| Calidad del aire | Riesgo asociado | Intervalos de la concentración de los contaminantes criterio[§] | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | PH $NO_2$ (ppm) | PM8 CO (ppm) | PH $O_3$ (ppm) | PM8 $O_3$ (ppm) | PM24 $SO_2$ (ppm) | PP12 $PM_{10}$ ($\mu g\ m^{3-1}$) | PP12 $PM_{2.5}$ ($\mu g\ m^{3-1}$) |
| Mala | Alto | >0.210 y 0.230 | >11.00 y 13.30 | >0.095 y 0.135 | >0.070 y 0.092 | >0.110 y 0.165 | >75 y 155 | >45 y 79 |
| Muy mala | Muy alto | >0.230 y 0.250 | >13.30 y 15.50 | >0.135 y 0.175 | >0.092 y 0.114 | >0.165 y 0.220 | >155 y 235 | >79 y 147 |
| Extremadamente mala | Extremadamente alto | >0.250 | >15.50 | >0.175 | >0.114 | >0.220 | >235 | >147 |

[§] Las literales que anteceden al contaminante criterio hacen referencia a: PH = Promedio horario; PM8 = Promedio móvil de 8 horas; PM24 = Promedio móvil de 24 horas, y PP12 = Promedio móvil ponderado de 12 horas.

De acuerdo con la información del INECC (2024), el estado de Hidalgo tuvo operando su sistema de monitoreo de la calidad del aire conformado por 15 estaciones de monitoreo, ubicadas en 12 municipios: Pachuca, Tula de Allende, Atitalaquia, Atotonilco, Tepeji del Río, Tlaxcoapan, Tizayuca, Lolotla, Tepeapulco, Huichapan, Tulancingo y Zapotlán de Juárez (Tabla IV.11). De acuerdo con los informes de calidad del aire elaborado por el INECC para los años 2019, 2020 y 2021, durante estos años no ha variado el número de municipios que tienen en operación sus estaciones de monitoreo de la calidad del aire, y hasta el 2018 se encontraba activa la estación del municipio de Tepetitlán, la cual solo monitoreaba las $PM_{10}$.

El municipio de Pachuca es el único que cuenta con cuatro estaciones de monitoreo, el resto de los 12 municipio solo cuenta con una estación, ya sea automática o con equipo manual adicional para el monitoreo de $PM_{10}$ y $PM_{2.5}$. De las 15 estaciones solo 10 automáticas cuentan con equipo para monitorear seis contaminantes criterio: $PM_{10}$, $PM_{2.5}$, $O_3$, $SO_2$, $NO_2$ y CO.

***Tabla IV.11. Estaciones de monitoreo de la calidad del aire, contaminantes criterio monitoreados y su ubicación en los municipios del estado de Hidalgo[§].***

| Municipio | Estación | Clave | Tipo de equipo | Contaminantes criterio | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | $PM_{10}$ | $PM_{2.5}$ | $O_3$ | $SO_2$ | $NO_2$ | CO |
| Pachuca de Soto | Jardín del maestro | JDN | Automático (2010) | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ |
| | Museo del rehilete | REH | Automático (2011) | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ |
| | Casa de la mujer hidalguense | CMH | Manual (2012) | ✓ | --- | --- | --- | --- | --- |
| | | | Manual (2016) | --- | ✓ | --- | --- | --- | --- |
| | Instituto Tecnológico de Pachuca | ITP | Manual (2012) | ✓ | --- | --- | --- | --- | --- |
| Tula de Allende | Centro de Salud | CSA | Automático (2006) | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ |
| | | | Manual (2016) | ✓ | ✓ | --- | --- | --- | --- |
| Atitalaquia | Centro de Salud | ATI | Automático (2009) | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ |
| | | | Manual (2004) | --- | ✓ | --- | --- | --- | --- |

| Municipio | Estación | Clave | Tipo de equipo | Contaminantes criterio | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | $PM_{10}$ | $PM_{2.5}$ | $O_3$ | $SO_2$ | $NO_2$ | CO |
| Atotonilco | Primaria Revolución | ATO | Automático (2011) | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ |
| | | | Manual (2015) | --- | ✓ | --- | --- | --- | --- |
| | | | Manual (2018) | ✓ | --- | --- | --- | --- | --- |
| Tepeji del Río | Primaria Melchor Ocampo | TPJ | Automático (2010) | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ |
| | | | Manual (2004) | --- | ✓ | --- | --- | --- | --- |
| Tlaxcoapan | Centro de Salud | TCP | Manual (2004) | ✓ | --- | --- | --- | --- | --- |
| Tizayuca | Biblioteca | TIZ | Automático (2010) | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ |
| | | | Manual (2012) | ✓ | --- | --- | --- | --- | --- |
| | | | Manual (2016) | --- | ✓ | --- | --- | --- | --- |
| Lolotla | Presidencia municipal | LOL | Manual (2012) | --- | ✓ | --- | --- | --- | --- |
| Tepeapulco | Bomberos | TEP | Automático (2014) | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ |
| Huichapan | Hospital | HUI | Automático (2014) | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ |
| Tulancingo | DIF Municipal | TLN | Automático (2015) | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ |
| Zapotlán de Juárez | Palacio municipal | ZAP | Manual (2014) | ✓ | --- | --- | --- | --- | --- |

[§] Fuente: INECC (2024).

El municipio de Lolotla es el único de los nueve municipios que se encuentran formando parcialmente el polígono del SAR y que cuenta con estación de monitoreo, la cual se encuentra operando desde 2012. Sin embargo, se trata de una estación de monitoreo manual, solo cuenta con equipo para medición de partículas $PM_{2.5}$ y son pocos años los que ha estado funcionando o registrando información suficiente para poder evaluar el cumplimiento de los valores de norma.

De acuerdo con los informes nacionales de calidad del aire de los años 2015, 2016, 2017, 2018, 2019, 2020 y 2021 publicados por el INECC (ver página web: https://sinaica.inecc.gob.mx/pags/informes.php), solo en el de los años 2016, 2017 y 2021 se pudo presentar información sobre el comportamiento de las $PM_{2.5}$ en la estación Lolotla (Tabla IV.12).

Los resultados obtenidos en los informes de los años 2016 y 2017 muestran que la concentración promedio anual ha estado ligeramente por arriba del límite máximo establecido 14 $\mu g\ m^{-3}$ y 13 $\mu g\ m^{-3}$ contra los 12 $\mu g\ m^{-3}$ normados. Mientras que, por otro lado, no ha habido problemas en el cumplimiento del límite de 24 horas, estando en los tres casos por debajo de los 45 $\mu g\ m^{-3}$.

*Tabla IV.12. Concentración de partículas PM2.5 en la estación de monitoreo Lolotla, de acuerdo con los resultados de los informes de calidad del aire del INECC[§].*

| Año | Concentración | Límite normado de $PM_{2.5}$[§§] | Resultado $PM_{2.5}$ ($\mu g\ m^{-3}$)[§§§] |
|---|---|---|---|
| 2015 | 24 h | Máximo ≤ 45 $\mu g\ m^{-3}$ | DI |
| | Anual | Promedio ≤ 12 $\mu g\ m^{-3}$ | DI |
| 2016 | 24 h | Máximo ≤ 45 $\mu g\ m^{-3}$ | 35 |
| | Anual | Promedio ≤ 12 $\mu g\ m^{-3}$ | 14 |
| 2017 | 24 h | Máximo ≤ 45 $\mu g\ m^{-3}$ | 41 |
| | Anual | Promedio ≤ 12 $\mu g\ m^{-3}$ | 13 |
| 2018 | 24 h | Máximo ≤ 45 $\mu g\ m^{-3}$ | FO |
| | Anual | Promedio ≤ 12 $\mu g\ m^{-3}$ | FO |
| 2019 | 24 h | Máximo ≤ 45 $\mu g\ m^{-3}$ | DI |
| | Anual | Promedio ≤ 12 $\mu g\ m^{-3}$ | DI |
| 2020 | 24 h | Máximo ≤ 45 $\mu g\ m^{-3}$ | DI |
| | Anual | Promedio ≤ 12 $\mu g\ m^{-3}$ | DI |
| 2021 | 24 h | Máximo ≤ 45 $\mu g\ m^{-3}$ | 32 |
| | Anual | Promedio ≤ 12 $\mu g\ m^{-3}$ | 10 |

[§] Fuente: Adaptada de INECC, en: web: https://sinaica.inecc.gob.mx/pags/informes.php.

[§§] Valores de límites normados con base a la norma oficial mexicana NOM-025-SSA1-2014, norma vigente y aplicable en su momento.

[§§§] F.O. = Fuera de operación, y, D.I. = Datos insuficientes.

### IV.3.1.5.1. Inventario de emisiones de contaminantes criterio

No se encontró un inventario actualizado de emisiones contaminantes criterio para el estado de Hidalgo. La información más reciente al respecto es la publicada por la SEMARNAT para el año 2016 en su página web https://www.gob.mx/semarnat/documentos/documentos-del-inventario-nacional-de-emisiones. La SEMARNAT reporta en su página los resultados de los inventarios de emisiones de cinco años, 2005, 2008, 2013, 2016 y 2018.

La forma de presentar los resultados de las emisiones ha venido cambiando, de tal manera que el último presenta un mayor detalle y es posible identificar las principales fuentes de emisión de los contaminantes criterio a los que se les da seguimiento. Desde el año 2013 presenta las emisiones generadas por fuente y categoría. Las fuentes de emisión las clasifica en cuatro tipos: fijas, móviles, de área y naturales (biogénicas), las cuales se describen como:

- ***Fuentes fijas:*** *Toda instalación establecida en un solo lugar que tenga como finalidad desarrollar operaciones o procesos industriales, comerciales, de servicios o actividades que generen o puedan generar emisiones contaminantes a la atmosfera.*
- ***Fuentes de área:*** *Las fuentes pequeñas, numerosas y dispersas, y no pueden ser incluidas de manera eficiente en un inventario de fuentes fijas.*
- ***Fuentes móviles:*** *Los aviones, helicópteros, ferrocarriles, tranvías, tractocamiones, autobuses integrales, camiones, automóviles, motocicletas, embarcaciones, equipo y maquinaria no fijos con motores de*

*combustión y similares, que con motivo de su operación generen o puedan generar emisiones contaminantes a la atmósfera.*

- ***Fuentes naturales:*** *Son los contaminantes emitidos por la vegetación como resultado de los mecanismos de crecimiento, defensa y reproducción de las plantas (Compuestos orgánicos volátiles COV), al óxido nítrico (NO) proveniente de la desnitrificación de los suelos y las emisiones estimadas de la actividad volcánica.*

Los siete contaminantes reportados en el inventario de emisiones son:

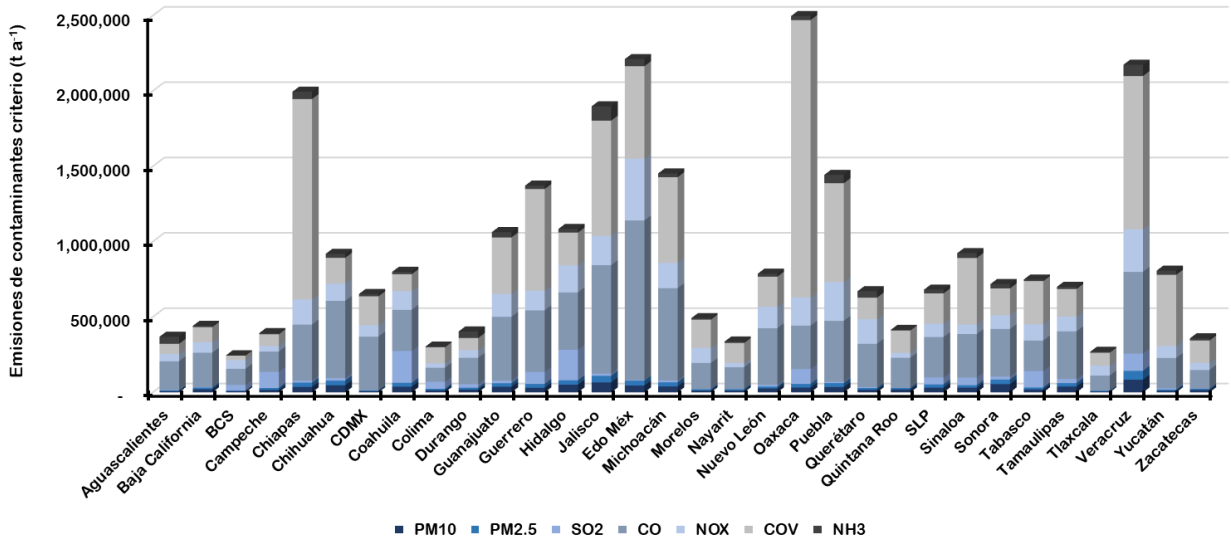
- Partículas con diámetro aerodinámico menor a 10 micras ($PM_{10}$).
- Partículas con diámetro aerodinámico menor a 2.5 micras ($PM_{2.5}$).
- Dióxido de azufre ($SO_2$).
- Monóxido de carbono (CO).
- Óxidos de nitrógeno (NOx).
- Compuestos orgánicos volátiles (COV).
- Amoniaco ($NH_3$).

#### IV.3.1.5.1.1. Emisiones de contaminantes criterio a nivel estatal

La SEMARNAT publicó en agosto de 2024 el inventario nacional de emisiones de México de contaminantes criterio del año base 2018 (ver página: https://www.gob.mx/semarnat/documentos/documentos-del-inventario-nacional-de-emisiones). Las emisiones totales a nivel nacional resultaron ser 29’642,317.96 t $a^{-1}$, de las cuales el 39.82% corresponde a las emisiones de los COV, seguido por las emisiones de CO y NOx con el 34.65% y 12.99%, en el orden antes citado. Por el contrario, las emisiones de $PM_{2.5}$, $NH_3$ y $PM_{10}$ son las que menos participan en las emisiones totales anuales, con el 2.06, 2.94 y 3.15%, respectivamente.

El estado de Oaxaca es el que tuvo mayor aportación a las emisiones totales a nivel nacional, participando con el 8.43% de las emisiones totales anuales (Figura IV.27). A nivel de contaminantes criterio, el estado de Oaxaca contribuyó con el 15.59% de las emisiones de COV generados a nivel nacional, el 7.55% del $NO_2$ y el 4.88% del total de los NOx. Destaca su baja participación en la generación de CO, con solo el 2.81% del total nacional.

El estado de Hidalgo generó el 3.66% de las emisiones totales anuales a nivel nacional, lo que lo llevó a ser el noveno mayor generador de emisiones totales de las 32 entidades en el 2018. El estado destacó en las emisiones de $SO_2$, $PM_{10}$ y $PM_{2.5}$, contribuyendo con el 15.60%, 5.45 y 4.76%, en el orden citado, de las emisiones de estos contaminantes a nivel nacional. Mientras que, por otro lado, solo generó el 1.84% del total de los COV a nivel nacional y el 2.77% del $NH_3$.




Fuente: Elaboración propia con información de la SEMARNAT, en: https://www.gob.mx/semarnat/documentos/documentos-del-inventario-nacional-de-emisiones.

***Figura IV.27. Emisión de contaminantes criterio a nivel estatal con base en datos definitivos del inventario nacional de emisiones de México con año base 2018.***

En el informe de emisiones se reporta que durante el año 2018 el CO resultó ser el contaminante criterio de mayor emisión a nivel del estado de Hidalgo con el 35.05% de las emisiones totales, seguido muy abajo por las emisiones de los COV y $SO_2$ con el 19.98 y 18.75%, respectivamente (Tabla IV.13). Los contaminantes criterio que tuvieron menor participación en las emisiones totales fueron el $NH_3$ y las $PM_{2.5}$ y $PM_{10}$, con apenas el 2.22, 2.68 y 4.69% de las 1'084,518.96 t $a^{-1}$ de emisiones totales en el estado.

Las fuentes de emisión móviles son las que más emisiones generaron, implicando el 35.48% de las emisiones totales anuales del estado. A estas emisiones le siguieron las generadas por las fuentes de área, es decir, las fuentes pequeñas y dispersas, con el 27.70%, y las fuentes fijas con el 23.83%. Las emisiones generadas por las fuentes naturales (biogénicas) solo colaboraron con el 12.99% del total de las emisiones anuales estatales.

***Tabla IV.13. Emisiones totales por tipo de fuentes de emisión en el estado de Hidalgo de acuerdo con el Inventario Nacional de Emisiones con año base 2018[§].***

| Fuentes estatales | Emisiones (t $a^{-1}$) | | | | | | | Emisiones totales (t $a^{-1}$) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | $PM_{10}$ | $PM_{2.5}$ | $SO_2$ | CO | NOx | COV | $NH_3$ | |
| **Fijas** | 8,215.32 | 5548.95 | 201,530.06 | 14,645.30 | 24,679.84 | 3,592.35 | 252.56 | 258,464.38 |
| **De área** | 36,885.61 | 18,779.83 | 837.62 | 152,566.95 | 11,713.76 | 56,007.96 | 23,629.92 | 300,421.66 |
| **Biogénicas** | --- | --- | --- | --- | 27,988.94 | 112,845.31 | --- | 140,834.25 |
| **Móviles** | 5,784.40 | 4,786.63 | 1,032.35 | 212,890.93 | 115,847.26 | 44,252.69 | 204.42 | 384,798.68 |
| **Total** | 50,885.33 | 29,115.41 | 203,400.03 | 380,103.19 | 180,229.80 | 216,698.30 | 24,086.90 | 1,084,518.96 |

§ Fuente: Adaptado de Inventarios Nacionales de Emisiones de Contaminantes Criterio de la SEMARNAT, en: https://www.gob.mx/semarnat/documentos/documentos-del-inventario-nacional-de-emisiones.

#### IV.3.1.5.1.2. Emisiones de contaminantes criterio a nivel municipal

El estado de Hidalgo está dividido en 84 municipios, de los cuales, solo ocho forman parcialmente el polígono del SAR. Ante la falta de información de las emisiones generadas solo a nivel del SAR, se presenta un análisis de las emisiones totales generadas a nivel municipal de los ocho municipios involucrados.

De las 1'084,518.96 t $a^{-1}$ de emisiones de contaminantes criterio que se generaron a nivel estatal en el 2018, los ocho municipios del SAR participaron con el 4.49%, esto es 48,680.40 t $a^{-1}$ (Tabla IV.14). Los COV resultaron ser el contaminante criterio con mayor generación en los municipios involucrados en el SAR, representado el 57.69% de sus emisiones totales. A este contaminante le siguieron las emisiones de CO y NOx con el 24.04 y el 12.35%. Por otro lado, el $SO_2$, $PM_{2.5}$ y $NH_3$ fueron los contaminantes que menos participaron con el 0.10, 1.47 y 1.66% de las emisiones totales de estos ocho municipios, en el orden citado.

Las 28,085.32 t $a^{-1}$ de emisiones de COV de los ocho municipios representan el 12.96% de las emisiones totales de este contaminante a nivel estatal, siendo en el que existe una mayor participación. En segundo y tercer lugar de participación a nivel estatal están las emisiones de $NH_3$ y NOx, involucrando el 3.36 y 3.34%. Las emisiones de $SO_2$ de estos municipios fueron las que menos participación generaron con respecto a las emisiones estatales, implicando solo el 0.02%.

Las fuentes naturales (biogénicas) fueron las que tuvieron mayor participación en las emisiones totales anuales, contribuyendo con el 55.51%, seguidas por las emisiones de las fuentes móviles y de áreas con el 24.21 y 19.75%. Sobresale la baja participación de las emisiones de las fuentes fijas, con solo el 0.54% de las emisiones totales de estos ocho municipios.

Las emisiones de fuentes naturales estuvieron conformadas solo por los contaminantes COV y NOx, de los cuales, las emisiones de COV representaron el 89.45% de este contaminante por fuente de emisión. Mientras que, las mayores emisiones de NOx fueron las de las fuentes móviles, con el 60.77% de las totales de este contaminante, cuando las de las fuentes naturales fue del 31.59%.

***Tabla IV.14. Emisiones totales de contaminantes criterio por fuentes de emisión en los municipios que forman parte del SAR de acuerdo con el Inventario Nacional de Emisiones con año base 2018[§].***

| Fuentes municipales | Emisiones (t $a^{-1}$) | | | | | | | Total (t $a^{-1}$) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | $PM_{10}$ | $PM_{2.5}$ | $SO_2$ | CO | NOx | COV | $NH_3$ | |
| **Fijas** | 13.14 | 9.86 | 2.12 | 71.28 | 156.50 | 6.72 | 2.38 | 262.00 |
| **De área** | 1,143.96 | 581.29 | 21.39 | 5,025.51 | 302.84 | 1,736.26 | 801.17 | 9,612.42 |
| **Biogénicas** | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 1,899.27 | 25,123.30 | 0.00 | 27,022.56 |
| **Móviles** | 149.37 | 124.08 | 27.26 | 6,604.95 | 3,653.00 | 1,219.05 | 5.70 | 11,783.41 |
| **Total** | 1,306.47 | 715.23 | 50.77 | 11,701.75 | 6,011.60 | 28,085.32 | 809.26 | 48,680.40 |

[§] Fuente: Adaptado de Inventarios Nacionales de Emisiones de Contaminantes Criterio de la SEMARNAT, en: https://www.gob.mx/semarnat/documentos/documentos-del-inventario-nacional-de-emisiones.

Los ocho municipios que se encuentran involucrados en la conformación del SAR sumaron 48,685.21 t $a^{-1}$ de emisiones de contaminantes criterio de manera global. El municipio de Tlanchinol fue el que tuvo mayor aportación

de emisiones, generando el 33.96% de los contaminantes criterio totales, seguido por las emisiones de los municipios de Zacualtipán de Ángeles y Metztitlán con el 18.60 y 12.59%, respectivamente (Tabla IV.15). Los municipios de Eloxochitlán, Xochicoatlán y Molango de Escamilla resultaron ser los municipios con menores emisiones de los ocho con el 2.49, 7.27 t 8.70% de las totales.

Los COV fue el contaminante criterio mayormente generado entre los ocho municipios que conforman el SAR, sus emisiones representan el 57.69% de las emisiones totales, seguido muy abajo por las emisiones del CO con el 24.04%. Los contaminantes criterio $SO_2$, $PM_{2.5}$ y $NH_3$ fueron los que tuvieron menor participación en las emisiones totales con solo el 0.11, 1.47 y 1.66% de las emisiones totales, en el orden citado.

El municipio de Tlanchinol, el de mayor participación en las emisiones de contaminantes con sus 16,532.67 t $a^{-1}$, alcanzó este valor por su alta generación de COV, los cuales representan ser el 78.88% de las emisiones municipales y el 26.79% de las emisiones totales de los ocho municipios, esto es 1.41% más de las emisiones totales de los municipios de Eloxochitlán, Lolotla, Xochiotlán y Molango. De las 13,040.55 t $a^{-1}$ de COV del municipio de Tlanchinol, 12,515.38 t $a^{-1}$ proviene de fuentes naturales (biogénicas), es decir, el 95.97% de este contaminante proviene de los mecanismos de crecimiento, defensa y reproducción de las plantas.

El municipio fue el mayor generador de emisiones de COV y $NH_3$ de los ocho municipios con el 46.43 y 30.11% de las emisiones totales de los ocho municipios. Zacualtipán destacó por ser el mayor emisor de NOx y CO, participando con el 30.73 y 27.94%, respectivamente. Y, El municipio de Metztitlán fue el mayor generador de $SO_2$ con el 29.51%, $PM_{2.5}$ con el 28.37% y $PM_{10}$ con el 25.64%, en este último ligeramente arriba de las emisiones de Zacualtipán que tuvo el 25.14% de las emisiones totales de este contaminante de los ocho municipios.

***Tabla IV.15. Emisiones totales de contaminantes criterio en los municipios que forman parte del SAR de acuerdo con el Inventario Nacional de Emisiones con año base 2018[§].***

| Fuentes municipales | Emisiones (t $a^{-1}$) | | | | | | | Total (t $a^{-1}$) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | $PM_{10}$ | $PM_{2.5}$ | $SO_2$ | CO | NOx | COV | $NH_3$ | |
| **Eloxochitlán** | 28.07 | 15.52 | 0.96 | 233.62 | 188.93 | 725.83 | 21.38 | **1,214.31** |
| **Lolotla** | 83.72 | 48.77 | 4.71 | 615.55 | 496.32 | 2,057.75 | 59.06 | **3,365.87** |
| **Metztitlán** | 335.27 | 203.04 | 15.15 | 2,801.75 | 1,211.11 | 1,415.66 | 149.65 | **6,131.63** |
| **Molango de Escamilla** | 103.68 | 49.36 | 3.09 | 938.30 | 468.41 | 2,613.07 | 58.54 | **4,234.45** |
| **Tepehuacán de Guerrero** | 121.40 | 81.52 | 3.70 | 1,009.23 | 497.45 | 2,753.47 | 145.87 | **4,612.63** |
| **Tlanchinol** | 217.67 | 129.20 | 7.46 | 1,777.02 | 1,117.05 | 13,040.55 | 243.72 | **16,532.67** |
| **Xochicoatlán** | 88.91 | 49.00 | 3.84 | 730.87 | 354.22 | 2,259.66 | 53.16 | **3,539.65** |
| **Zacualtipán de Ángeles** | 328.71 | 139.21 | 12.43 | 3,596.04 | 1,680.29 | 3,219.36 | 77.96 | **9,053.99** |
| **Subtotal** | 1,307.43 | 715.61 | 51.33 | 11,702.37 | 6,013.78 | 28,085.34 | 809.34 | **48,685.21** |

[§] Fuente: Adaptado de Inventarios Nacionales de Emisiones de Contaminantes Criterio de la SEMARNAT, en: https://www.gob.mx/semarnat/documentos/documentos-del-inventario-nacional-de-emisiones.

Con la finalidad conocer la calidad del aire en las inmediaciones de la Unidad Minera, la empresa promovente de este proyecto lleva a cabo mediciones de los contaminantes criterio $PM_{10}$ y $PM_{2.5}$ en el ambiente. Las mediciones

realizadas se llevan a cabo conforme con lo establecido en la norma oficial mexicana NOM-025-SSA1-2021, que establece el criterio para evaluar la calidad del aire ambiente, con respecto a las partículas suspendidas $PM_{10}$ y $PM_{2.5}$, publicada en el Diario Oficial de la Federación el 27 de octubre de 2021.

El predio y actividad de la empresa se consideró como fuente fija emisora de contaminantes criterio, por lo que se define el plan de muestreo acorde a las condiciones operativas de la empresa y ambientales del predio. En este caso, el plan de muestreo incluye la selección de los puntos de muestreo, calibración del equipo de muestreo, realización del muestreo (instalación de la estación de monitoreo) y culminación de las actividades de muestreo y análisis de resultados.

El muestreo efectuado a finales del año 2023 incluyó cuatro sitios de muestreo dentro de la unidad minera. Los criterios considerados para ubicar los sitios de muestreo fueron: la dirección de los vientos predominantes, las condiciones geográficas del lugar y decisiones técnicas – operativas. Los puntos seleccionados fueron: a) a un lado de las oficinas generales; b) la planta de tratamiento de aguas residuales sur; c) área de preparación de muestras norte, y, d) estacionamiento de maquinaria pesada oeste (Figura IV.28).

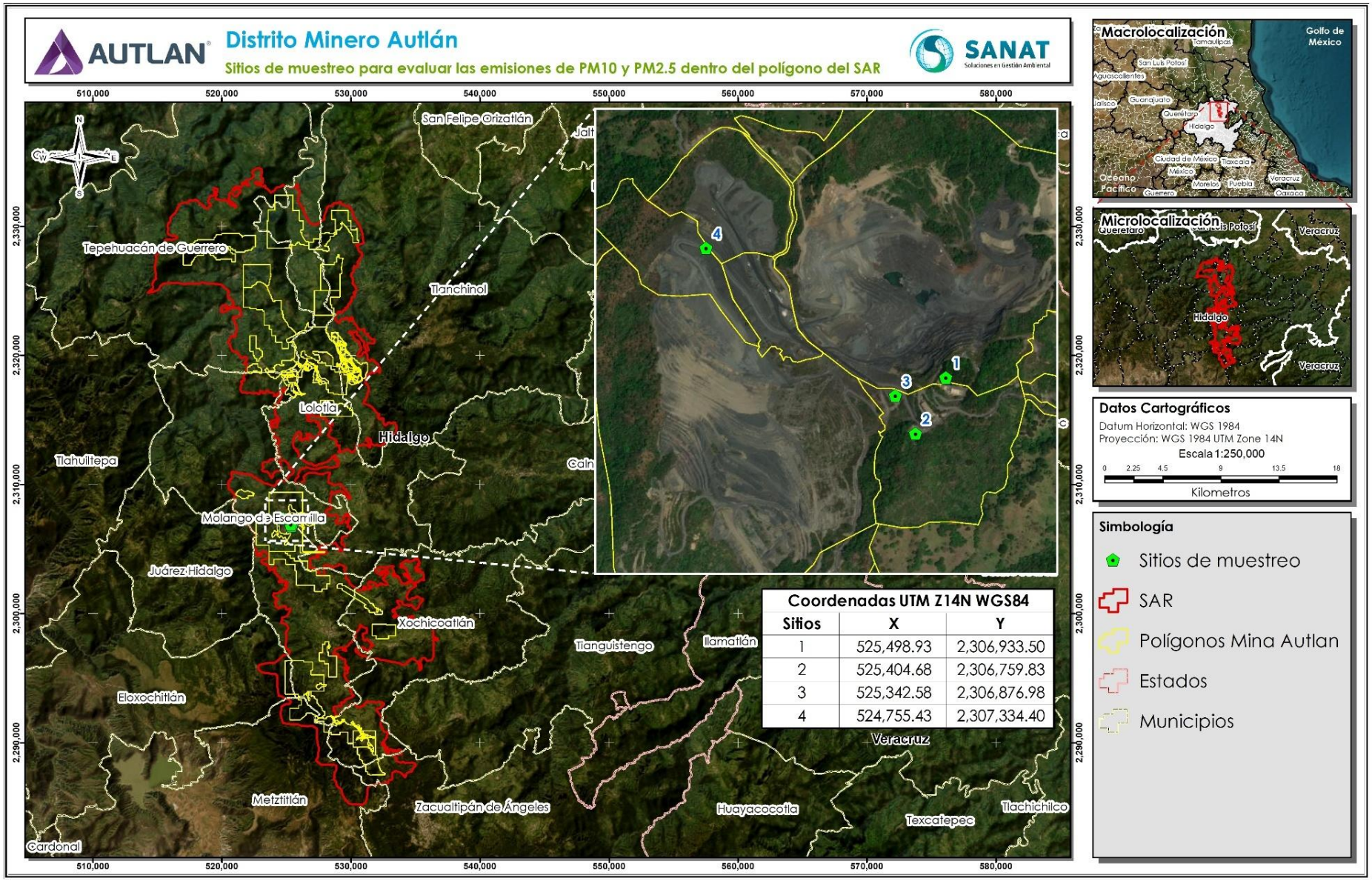



*Figura IV.28. Ubicación de los sitios de muestreo para evaluar las emisiones de $PM_{10}$ y $PM_{2.5}$ dentro de la unidad minera.*

Las mediciones realizadas se reportaron en concentraciones de 24 horas para poder comparar los resultados con los valores máximos permisibles indicados en la norma NOM-025-SSA1-2021. Los resultados obtenidos se comparan con los valores límite indicados para el año 1º, Tabla 1 de la especificación 4.1, considerando lo indicado en los transitorios Primero y Segundo de la norma en referencia.

Las concentraciones obtenidas para el contaminante criterio $PM_{10}$ en los cuatro sitios de muestreo estuvieron por debajo del valor límite permisible, es decir, por debajo de 70 µg $m^{-3}$ (Tabla IV.16). Los resultados obtenidos en la evaluación arrojan concentraciones que van de los 49 µg $m^{-3}$, a un lado de las oficinas generales, a los 69 µg $m^{-3}$, en el sitio de preparación de muestras norte.

En lo que respecta a la concentración de las $PM_{2.5}$, todos los resultados estuvieron por debajo de las 41 µg $m^{-3}$, valor límite máximo permisible en la norma. Al igual que en los resultados obtenidos para las $PM_{10}$, la menor concentración de este contaminante criterio se obtuvo en el sitio de las oficinas generales, con 22 µg $m^{-3}$ y, la mayor concentración resultó ser de 36 µg $m^{-3}$ en el área de preparación de muestras norte.

***Tabla IV.16. Concentración de $PM_{10}$ y $PM_{2.5}$, 24 horas de muestreo, en cuatro sitios de evaluación seleccionados dentro de la Unidad Minera Naopa.***

| Punto | Nombre | Contaminante | Concentración (µg $m^{3-1}$) |
|---|---|---|---|
| 1 | Oficinas generales (este) | $PM_{10}$ | 49 |
| | | $PM_{2.5}$ | 22 |
| 2 | PTAR (sur) | $PM_{10}$ | 60 |
| | | $PM_{2.5}$ | 28 |
| 3 | Preparación de muestras (norte) | $PM_{10}$ | 69 |
| | | $PM_{2.5}$ | 36 |
| 4 | Estacionamiento de maquinaria pesada (oeste) | $PM_{10}$ | 57 |
| | | $PM_{2.5}$ | 25 |

En el apartado de anexos se presenta el informe de resultados presentado por el laboratorio responsable de llevar a cabo el muestreo de la calidad del aire aquí descrito.

### IV.3.1.6. Ambiente sonoro

El ambiente sonoro está conformado por las ondas que constituyen el sonido y ruido generado por diversas fuentes en un punto y tiempo dado. Sonido y ruido algunas veces se utilizan indistintamente, como sinónimos, sin embargo, existe una diferencia entre ellos. Mientras sonido se refiere, en sentido general, al efecto auditivo que es agradable para el oído, como sentido del ser humano, el ruido hace referencia a las ondas acústicas fuertes, no deseadas y desagradables para el sentido.

De acuerdo con la Organización Mundial de Salud (WHO, por sus siglas en inglés) (WHO, 1999), el ruido ha sido un problema ambiental desde siglos atrás, el cual ha venido agravándose con el paso del tiempo debido a las actividades humanas, siendo más impactante en las zonas urbanizadas.

En las grandes ciudades, como la Ciudad de México, las principales fuentes generadoras de ruido son los vehículos automotores, la actividad industrial, las diversas actividades en calles y edificios y las actividades de entretenimiento, con el 80, 10, 5 y 5% de la contaminación promedio, respectivamente.

Entre las dos características importantes del ruido están su duración e intensidad. Por su duración se tienen los ruidos intermitentes que se dan por cierto lapso en un espacio dado, y los continuos, éstos tienen un periodo largo de generación, sin interrupción, en un espacio dado. Y, la intensidad es la energía radiada por una fuente en la unidad de tiempo que atraviesa la unidad de superficie (Mestre, S/F), está relacionada con la distancia a la fuente generadora. La unidad de medida es el decibelio (dB) y se mide con un sonómetro.

Dependiendo de la intensidad será el grado de afectación o no al ser humano. De acuerdo con la información proporcionada por la WHO (1999), se espera que intensidades menores de 70 dB(A) no representen un problema para la salud (deficiencias auditivas), aun y cuando estén expuestos por muchos años. El límite máximo permisible de ruido laboral para adultos definido por la WHO es de 140 dB, y para niños jugando con juguetes ruidosos es de 120 dB.

Los efectos que tiene la contaminación acústica en los seres humanos son (WHO, 1999):

- Trastornos del sueño.
- Efectos sobre las funciones fisiológicas (hipertensión y cardiopatía).
- Acelerar e intensificar el desarrollo de trastornos mentales.
- Efectos negativos sobre el rendimiento laboral y en el aprendizaje de niños.
- Efectos en la conducta y relaciones sociales, e
- Interferencia en la vía de comunicación de la sociedad.

La Administración de Seguridad y Salud Ocupacional (OSHA, por sus siglas en inglés), es una agencia del Departamento de Trabajo de los Estados Unidos que tiene entre sus tareas la de definir la reglamentación para la protección de los trabajadores. Esta Agencia, en coordinación con el Construction Safety Council (CSC), publicaron en el 2011 el manual sobre los peligros a la salud en el trabajo de la construcción (CSC, 2011), en el cual se establecen las medidas de protección y prevención para la seguridad y salud en general de los trabajadores. En este manual se incluyen los niveles de ruido promedio en el proceso constructivo generado por el uso de herramienta y maquinaria, así como el tiempo de exposición permisible para los trabajadores de acuerdo con la intensidad de ruido para evitar posibles daños a su salud.

Del listado de herramientas y maquinaria que se usan en las actividades constructivas que emiten mayor intensidad de ruido, resulta que el rango de generación de ruido va de los 85-86 dB(A) a los 114 dB(A) (Tabla IV.17), siendo la maquinaria para soldar y las esmeriladoras las que emiten la menor intensidad de ruido y, por lo contrario, los taladros de martillo los más ruidosos, seguido del hincapilotador con 112 dB(A), los cuales no serán usados como parte del desarrollo del proyecto. Dicho listado se complementa con los niveles máximos permisibles de emisión de ruido ocasionado por automóviles, camiones, autobuses y tracto-camiones establecidos por el gobierno de la Ciudad de México, en su Reglamento para la Protección de Ambiente contra la Contaminación originada por la Emisión de Ruido, en el cual se indica que vehículos con más de 10,000 kg tienen como nivel máximo permisible la emisión de hasta 84 dB(A). Esta información es importante para la identificación y evaluación de impactos ambientales a generarse en los procesos constructivos de proyectos en desarrollo, así como para establecer las medidas ambientales para mitigar su afectación.

Para el desarrollo del proyecto, el parque de automotores estará formado por retroexcavadoras y camiones de volteo, sin requerir el uso de otro tipo de maquinaria o equipo pesado.

***Tabla IV.17. Niveles de ruido promedio en herramientas usadas en actividades constructivas y exposición de trabajadores a ruido según equipo de trabajo y de vehículos automotores según el gobierno de la CDMX.***

| Herramienta / exposición | Nivel de ruido [dB(A)] |
|---|---|
| OSHA[§] | |
| Taladro de martillo | 114 |
| Hincapilotador | 112 |
| Sierra de cadena | 109 |
| Sierra para cortar | 108 |
| Llave de impacto | 107 |
| Herramienta motorizada | 106 |
| Sierra circular | 100 |
| Martillo neumático | 96 |
| Esmeriladora | 86 |
| Maquinaria para soldar | 85 - 90 |
| | |
| Tractor con pala mecánica | 97 - 107 |
| Vibrador compactador | 91 - 104 |
| Rodillo asfaltador | 85 - 103 |
| Grúa de cadena (cabina sin aislar) | 90 - 98 |
| Grúa de cadena (cabina aislada) | 80 - 89 |
| Grúa con rueda de gomas (cabina sin aislar) | 78 - 90 |
| Grúa con rueda de gomas (cabina aislada) | 59 - 87 |
| Herrería | 106 |
| Albañilería | 91 |
| Carpintero | 89 |
| Vehículos automotores[§§] | |
| Hasta 3,000 kg | 79 |
| Más de 3,000 kg y hasta 10,000 kg | 81 |
| Más de 10,000 kg | 84 |

[§] Obtenidos de CSC (2011).

[§§] Reglamento para la Protección de Ambiente contra la Contaminación originada por la Emisión de Ruido, publicado en el Diario Oficial de la Federación el 06 de diciembre de 1982.

Aunado a los efectos que tiene la contaminación acústica en la sociedad, se debe tomar en cuenta que ésta también impacta negativamente el comportamiento de la fauna silvestre, en este caso específico a la terrestre. Su efecto dependerá de la taxa y hasta especies, ya que tienen diferente nivel de respuesta a las ondas y niveles acústicos. Bowles (1995) reportó que los mamíferos pueden tener una sensibilidad por debajo de los 20 dB. En este caso, la sensibilidad se debe entender como el sonido más débil que pueden oír. Las aves muestran mayor uniformidad en su capacidad auditiva que los mamíferos en un rango que va de los 0 a los 10 dB; aunque los búhos son una de las pocas excepciones con un rango de sensibilidad entre 15 y 20 dB (Bowles, 1995).

La autora arriba mencionada refiere que los reptiles han sido menos estudiados, sin embargo, se menciona que las tortugas tienen una deficiencia auditiva, estando su mejor sensibilidad entre los 40 y 50 dB. En este caso, las lagartijas resultan ser más sensibles con un rango que va de los 10 a los 20 dB. Por último, resulta que los anfibios son los que muestran un rango de sensibilidad más amplio, mismo que va de los 10 a los 60 dB.

Francis y Barber (2013) mencionan que el ruido puede impactar el comportamiento animal que se pueden agrupar en cuatro categorías: a) cambios conductuales temporales; b) alterando la distribución y movimiento espacial; c) afectando los hábitos de consumo o mejorando su capacidad para interactuar con depredadores y, d) cambios en la forma de atraer parejas y en la defensa territorial.

Estudiando el efecto de la contaminación acústica en aves, Arpacik et al. (2016) mencionaron que ésta impacta su comportamiento, especialmente en el apareamiento, anidación y alimentación. En este mismo grupo de fauna, Francis y Barber (2013) y Peris y Pescador (2004) encontraron que el ruido que se emite tiene un efecto adverso en ciertas especies, pero no en toda la comunidad de aves de una región, lo que llega a reflejarse en una reducción en la diversidad de especies. Esto último también lo reportan Francis et al. (2009) estudiando el efecto que tiene la contaminación acústica en la distribución y anidamiento de aves, encontrando que el ruido redujo la diversidad de especies anidadas, guiando a una diferenciación de comunidades y favoreciendo la reproducción debido a la reducción de algunos depredadores. Además, si bien Peris y Pescador (2004) encontraron la afectación para ciertas especies de aves, también refieren que existen especies que tienden a ser más abundantes cerca de carreteras con ruido más intenso. Estos últimos autores no mencionan cuantitativamente las intensidades de ruido de las carreteras bajo estudio, pero Mestre (S/F) refiere que un coche en una autopista emite una intensidad de 100 dB (muy ruidoso), un camión pesado (a 6 m de distancia) emite una intensidad de 90 dB (muy ruidoso) y una calle con mucho tráfico 80 dB.

Dooling y Popper, citados por Montenegro et al. (2020), mencionan que el rango de nivel de presión sonora límite para que las aves no se vean afectadas en un entorno suburbano es de entre 50 y 60 dBA. Sin embargo, en reptiles el ruido llega a tener menor efecto, ya que son pocas las especies de esta clase que usan sonidos para comunicarse, entre los que se conocen que lo utilizan están los geckos (*Gekko* sp.) y el anolis verde (*Anolis carolinensis*).

La fuente de ruido, y su intensidad y duración, tiene un efecto diferente de acuerdo de la clase de la fauna silvestre que se trate. Montenegro et al. (2020), realizaron un estudio en el cual analizaron los diferentes criterios para realizar evaluaciones de impacto ambiental, asumiendo estos como el efecto que el ruido proveniente del ambiente, transporte, industrial, militar y laboratorio sobre los cambios que pudieran generar en el comportamiento conductual de la fauna silvestre. De acuerdo con su análisis, las aves son las que sufren los mayores cambios conductuales y a menores intensidades de ruido, independientemente de la fuente emisora del ruido (Tabla IV.18). El ruido generado por el transporte provoca cambios conductuales en las aves según el nivel que alcance: cambio en la frecuencia de vocalizaciones al llegar a los 50 dBA, incremento en la amplitud de vocalizaciones a los 57 dBA,

preferencia por descansar en áreas más tranquilas a los 47 dBA, efectos en fisiología y desarrollo a los 60 dBA y cambios en abundancia, riqueza, distribución y ocupación a menor a los 46 dBA.

En el caso de los mamíferos se tendría un menor efecto en el cambio conductual según los criterios potenciales mencionados por los autores antes mencionados, y a mayores niveles de ruido, notándose cambios entre los 52 dBA y los 98 dBA (Tabla IV.18). En este caso, el ruido generado por el transporte incide en la búsqueda de alimento cuando se llega a los 80 dBA de presión sonora, pero a partir de los 52 dBA se esperaría un incremento en el estrés fisiológico cuando se analiza desde el punto de vista del ruido industrial, que es una fuente fija y constante de ruido.

***Tabla IV.18. Criterios potenciales de la emisión e intensidad de ruido para realizar evaluaciones de impacto ambiental según la clase de fauna silvestre[§].***

| Fuente | Aves | | Mamíferos | | Herpetofauna | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | Cambio | Intensidad | Cambio | Intensidad | Cambio | Intensidad |
| Ambientales | Cambio en componentes frecuenciales de las vocalizaciones | 44–73 dBA#<br>54 dBA**<br>60 dBA*<br>59 dBA† | Cambios en la frecuencia y amplitud del llamado para eco localizar | 80 dBA | Cambios en la distribución de energía de los cantos a una frecuencia más alta | 62 dBC# |
| | Cambios en el rango y duración del llamado | 60 dBA*<br>48–66 dBA# | | | | |
| | Incremento de amplitud en vocalizaciones | 54 dB$,**<br>53-62 dBA# | | | | |
| | Cambios en la sincronización de vocalizaciones | 63 dBA# | | | | |
| | Disminución en la complejidad acústica | 53 dBA† | | | | |
| | Disminución en diversidad de especies | 40 dB$#<br>45 dBA* | | | | |
| | Disminución del éxito reproductivo | 58 dBA*<br>43 dBA*** | | | | |
| Transporte | Cambios en componentes frecuenciales de las vocalizaciones | 50 dBA# | Interrupción de la búsqueda de alimento | 80 dBA* | Reducción en la permanencia y duración del coro | 72 dBA# |
| | Incremento de amplitud en vocalizaciones | 57 dBA# | | | Dificultad en localizar compañeros | 75 dBC# |
| | Preferencia por descansar en áreas más tranquilas | 47 dBA** | | | Cambio en el tiempo de llamado | 71 dBC† |
| | Efectos en fisiología y desarrollo | 60 dBA† | | | Aumenta el umbral de la respuesta en 20 - 25 dB | 70 dBC |
| | Cambios en abundancia, riqueza, distribución y ocupación | 46 dBA? | | | Disminución de la tasa de llamada | 73 dBA |

| Fuente | Aves | | Mamíferos | | Herpetofauna | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | Cambio | Intensidad | Cambio | Intensidad | Cambio | Intensidad |
| Industrial | Cambios en frecuencia y longitud del canto | 45 dBA** | Incremento en estrés fisiológico | 52 dBL# | | |
| | Incremento en niveles de estrés fisiológicos | 52 dBA# | Reducción de la eficiencia reproductiva | 68 dBA** | | |
| | Reducción de éxito reproductivo | 68 dBA# | | | | |
| | Disminución en ocupación y abundancia | 48 dBA#<br>55 dBA#<br>45 dBA# | | | | |
| | Cambios en comunidad e interacción entre especies | 60 dBC?<br>50 dBC# | | | | |

§ Adaptada de Montenegro et al. (2020).

* Nivel de presión sonora. ** Nivel de presión sonora continuo equivalente. † Nivel de presión sonora máximo. ‡ Nivel de exposición sonora. # Promedio.? Desconocido.

En México, las emisiones de ruido están regulas por la norma oficial mexicana NOM-081-SEMARNAT-1994 que establece los límites máximos permisibles de emisión de ruido de las fuentes fijas y su método de medición, la cual fue publicada el 13 de enero de 1994 en el Diario Oficial de la Federación. Esta norma tiene el objetivo de establecer los límites máximos permisibles de emisión de ruido que genera el funcionamiento de las fuentes fijas y se método de medición. Posteriormente, el 03 de diciembre de 2013 se publicó, en el mismo medio, el acuerdo por el que se modifica su numeral 5.4, que define los límites máximos permisibles del nivel sonoro en ponderación “A”, por tipo de zona y horario, la cual quedó como se indica en la Tabla IV.19.

***Tabla IV.19. Valores máximos permisibles de ruido de fondo establecidos en el acuerdo de modificación de la norma oficial mexicana NOM-081-SEMARNAT-1994.***

| Ambiente específico | Horario | Límite máximo [dB(A)] |
|---|---|---|
| Residencial (exteriores) | 6:00 a 22:00 | 55 |
| | 22:00 a 6:00 | 50 |
| Industriales y comerciales | 6:00 a 22:00 | 68 |
| | 22:00 a 6:00 | 65 |
| Escuelas (exteriores en juegos) | Durante el juego | 55 |
| Ceremonias, festivales y eventos de entretenimiento | 4 horas | 100 |

La Unidad Minera Naopa lleva a cabo la evaluación de las emisiones de ruido como fuente fija de emisiones, aplicando las especificaciones de la norma oficial mexicana NOM-081-SEMARNAT-1994, la cual establece los límites máximos permisibles de emisión de ruido de las fuentes fijas y su método de emisión, así como la modificación a su numeral 5.4 publicada el 03 de diciembre de 2013.

Los resultados obtenidos a finales del 2023 demuestran que estás se encuentran por debajo de los valores máximos permisibles para un ambiente industrial. Para la evaluación, primero se identifica la zona crítica, considerada como aquella área en la cual se tienen mayores emisiones de ruido, normalmente coincidente con la zona de mayor actividad minera. La zona crítica seleccionada fue la caseta de cruce, ubicada al sur del predio, colindante con el tajo y un área verde.

Al ser un cruce y estar cerca del área de excavación, se trata de un área con gran actividad dentro de la unidad minera y, por lo tanto, un área con mayor concentración de emisiones sonoras. Las principales fuentes emisoras registradas fueron los camiones de carga de 50 toneladas con 94.1 dB (A) y excavadoras con emisiones de 92.6 dB (A).

El resultado que arrojaron las mediciones realizadas durante el día está dentro del límite máximo permisible, siendo un valor de 51.87 dB (A) el valor promedio, contra los 68 dB (A) del valor límite máximo permisible en la modificación de la norma NOM-081-SEMARNAT-1994 para el horario diurno (Tabla IV.20). Mientras que, en el horario nocturno no se emiten emisiones sonoras, por lo que, no hay incidencia del proyecto en el ruido en la región.

***Tabla IV.20. Resultado de las emisiones de ruido obtenidas en la Unidad Minera Naopa a finales de 2023 y su nivel de cumplimiento con lo establecido en la norma oficial mexicana NOM-081-SEMARNAT-1994.***

| Horario | Periodo | Límite máximo permisible [dB (A)] | Horario de medición | Nivel sonoro medición [dB (A)] |
|---|---|---|---|---|
| Diurno | 6:00 a 22:00 | 68 | 14:35 – 15:58 horas | 51.87 |
| Nocturno | 22:00 a 6:00 | 65 | 22:08 – 23.22 horas | Sin emisiones sonoras |

En el apartado de anexos se presenta el informe de resultados presentado por el laboratorio responsable de llevar a cabo el muestreo de las emisiones de ruido en la Unidad Minera.

## IV.3.1.7. Fisiografía, geología y geomorfología

### IV.3.1.7.1. Fisiografía

México es un país con una gran variación topográfica y geológica, representado por sistemas montañosos que corren cerca o relativamente cerca de las zonas de costa, mesetas o valles centrales, planicies costeras y áreas con poco relieve en los extremos, con intercalación entre ellas. Esta gran variación llevó a diferenciar y clasificar el territorio nacional en provincias y subprovincias fisiográficas donde las provincias representan las características generales del relieve de una región específica y, las subprovincias agrupan regiones con características topográficas similares que las diferencian de otras dentro regiones.

El INEGI presentó la clasificación fisiográfica del territorio nacional dividiéndolo en 15 provincias y 86 subprovincias (Lugo y Córdova, 1992). La superficie de la poligonal del SAR delimitado para el desarrollo del proyecto se ubica dentro de la provincia denominada “Sierra Madre Oriental” (Figura IV.29), la cual, a su vez, se divide en ocho subprovincias.

La provincia fisiográfica Sierra Madre Oriental es una franja angosta que corre del noreste al este del país, desde el río Balsas en la frontera de Coahuila con los E.E.U.U. hasta la parte norte del estado de Puebla, a lo largo del golfo de México, pasando por los estados de Coahuila, Durango, Nuevo León, Zacatecas, Tamaulipas, San Luis Potosí, Guanajuato, Querétaro, Hidalgo, Veracruz y Puebla. Colinda al noroeste con la provincia Sierras y Llanuras del Norte, al noreste con la provincia Grandes Llanuras de Norteamérica, al centro oeste con la provincia Mesa del Centro, al este con Llanura Costera del Golfo Norte y al sur con la provincia fisiográfica Sierra Volcánica Transversal o Eje Neovolcánico.

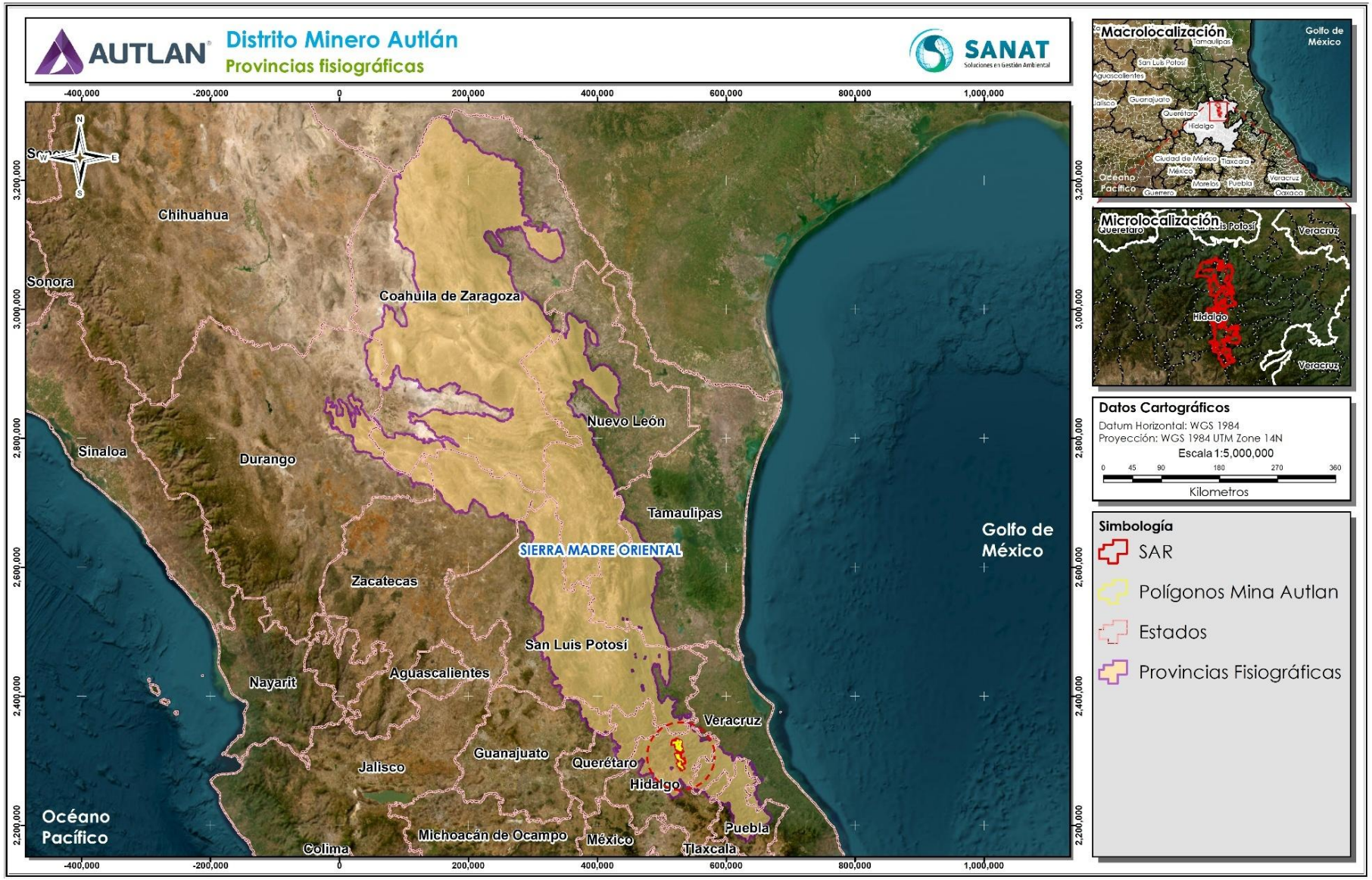



*Figura IV.29. Ubicación del SAR definido para el desarrollo del proyecto con respecto a la división correspondiente con las provincias fisiográficas definidas por el INEGI para el territorio nacional.*

Esta provincia fisiográfica destaca por estar formada por una cadena montañosa angosta que recorre 1,350 km de longitud y de entre 80 y 100 km de ancho, comprendiendo una superficie aproximada de 22,015,151 ha. Lugo y Córdova (1992) la describen como un sistema montañoso, constituido de rocas sedimentarias plegadas, característica homogénea a lo largo de toda la provincia.

El INEGI (1992) refiere que los estratos plegados son de antiguas rocas sedimentarias marinas (del Cretácico y del Jurásico Superior), entre las que predominan las calizas, quedando en segundo lugar las areniscas y las lutitas (rocas arcillosas). También existen pocas rocas ígneas del tipo intrusivas, las cuales se encuentran en la parte norte de la provincia, y volcánicas en el extremo sur, en los rumbos de Jalapa, Ver., y Teziutlán, Pue.

De acuerdo con lo mencionado por Salinas-Rodríguez et al. (2022), la delimitación de la provincia tomó en consideración sus topoformas, geología, climatología, hidrología y edafología, los que en conjunto le dan unas características paisajísticas muy distintivas.

El INEGI, de acuerdo con los autores antes mencionados, refiere que esta provincia fisiográfica está conformada por un sistema de topoformas contrastantes, pero claramente delimitadas, clasificadas en forma decreciente:

a) Sierras, que se refiere a las montañas, ya fueran altas escarpadas, plegadas, complejas, de laderas convexas etc. (54 %),
b) Bajadas, que se refiere a las laderas o pie de monte de la topoforma sierra (20%),
c) Llanuras, que son áreas planas intermontanas o rodeadas de sierras (17%),
d) Valles, que se refiere a zonas planas estrechas y/o alargadas intramontanas (3%),
e) Lomeríos, que son zonas onduladas entre las sierras (2%),
f) Mesetas, que son áreas planas en la parte alta de las sierras, y
g) Cañones, que se refiere a áreas angostas de paredes verticales intramontanas que han sido esculpidas por la acción erosiva del agua (1%).

El sistema montañoso de esta provincia fisiográfica se caracterizar por estar formado por una cadena montañosa. Al noroeste de Monterrey esta cadena es baja y está poco definida, con pocos picos que alcanzan los 2,700 m de altitud. En el estado de San Luis Potosí las altitudes no llegan a sobrepasar los 1,500 msnm. No obstante, se tienen elevaciones considerables, en Nuevo León la cadena presenta una mayor elevación, con picos como el cerro Potosí de 3,650 m y en los límites de Nuevo León y Tamaulipas se encuentra el cerro Peña Nevada con 3,650 m de altitud. Varios ríos fluyen hacia el este a través de la cordillera, destacando el río Moctezuma, que drena la mesa Central a lo largo de su recorrido hacia el golfo de México.

Esta provincia fisiográfica se divide en ocho subprovincias, ubicándose el SAR en la subprovincia fisiográfica Carso Huasteco (Figura IV.30). Esta subprovincia se ubica en el extremo sur de la provincia, se extiende desde las cercanías de Rioverde y Ciudad del Maíz, San Luis Potosí, hasta el municipio de Teziutlán, Pue. Comprende superficie de seis estados: San Luis Potosí, Guanajuato, Querétaro, Veracruz, Puebla e Hidalgo, y 159 municipios. De los 84 municipios del estado de Hidalgo, 42 de ellos se encuentran parcial o totalmente dentro de esta subprovincia fisiográfica, entre ellos los ocho que están involucrados en la conformación del polígono del SAR, abarcando 9.712.93 $km^2$.

La subprovincia limita al norte con las subprovincias Sierras y Llanuras Occidentales y Gran Sierra Plegada;

Esta subprovincia se caracteriza por presentar relieves y formas cársticas, en las que se han desarrollado sistemas de cavernas, grutas y dolinas (INEGI, 1992). Las cavernas han sido formadas por la intensa infiltración de agua en el subsuelo. Además, la disolución de la roca también ha generado grandes dolinas, que son depresiones circulares u

ovaladas de piso plano, y depresiones más extensas (uvalas) formadas por la fusión de dolinas vecinas y el desplome de techos de cavernas.

La parte de esta subprovincia que se encuentra dentro del estado de Hidalgo geológicamente se caracteriza por tener rocas calizas y sedimentarias. Las rocas calizas al disolverse por el agua originan los rasgos del carso (pozos, grutas y dolinas), como las que se encuentran en Jacala, las cuales tienen aproximadamente 4.0 km de largo, 1.0 km de ancho y 150 m de profundidad (INEGI, 1992). Las rocas sedimentarias antiguas de tipo continental se encuentran al sureste de la subprovincia, por la región de Orizatlán, Hidalgo.

Los cause más importantes que cruzan esta subprovincia son el río Moctezuma, Amajac, Pánuco, Verde, Cazones y Tecolutla.

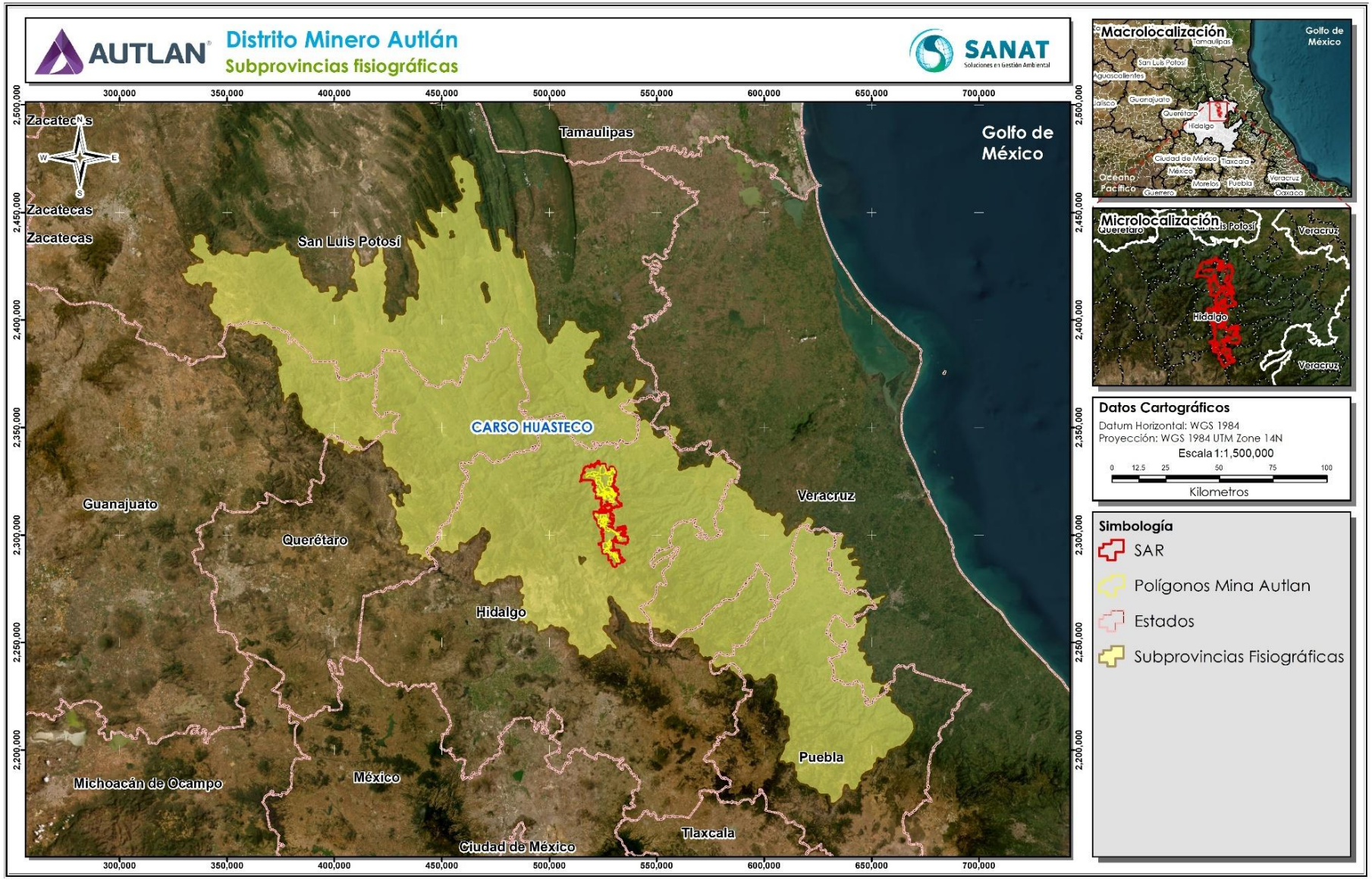



*Figura IV.30. Ubicación del SAR definido para el desarrollo del proyecto con respecto a la división de las subprovincias fisiográficas definidas por el INEGI para el territorio nacional.*

#### IV.3.1.7.2. Relieve

Orográficamente, el polígono del SAR tiene un cambio altitudinal que va de norte a sur del polígono, teniendo las menores altitudes al norte, la cuales ronda los 400 msnm, y las mayores al sur del polígono, llegando a ser de hasta los 2,400 msnm (Figura IV.31).

Al norte del SAR, en el área correspondiente a los municipios de Tepehuacán de Guerrero y Lolotla, se tienen las menores altitudes, las cuales rondan los 300 msnm, con cambio altitudinal que llega hasta los 1,400 msnm, al noroeste del polígono, en la localidad de Teyahuala. Al noreste del SAR, las altitudes van de los 600 msnm hasta los 1,400 msnm, altitud que se logra en el municipio de Tlanchinol.

La zona centro norte del polígono tiene altitudes que van de los 800 msnm a los 1,000 mnsm, entre la localidad de Tlaltepingo, del municipio de Lolotla, hasta el norte de la localidad de Naopa, del municipio de Molango de Escamilla.

La parte central del polígono del SAR, a la altura de las localidades de Naopa y Ocotlán, entre los municipios de Lolotla y Molango de Escamilla, se tienen altitudes que van de los 1,000 msnm a los 2,000 msnm, altitud máxima alcanzada al sureste del área urbana de Molango.

Por último, la parte sur del SAR, entre Molango y Nonoalco, correspondiente a los municipios de Xochicoatlán, Zacualtipán de Ángeles, Metztitlán y Molango de Escamilla, se tienen altitudes que van de los 1,400 msnm hasta cerca de los 2,600 msnm. La máxima altitud se alcanza al suroeste del SAR, al este de la laguna de Metztitlán.

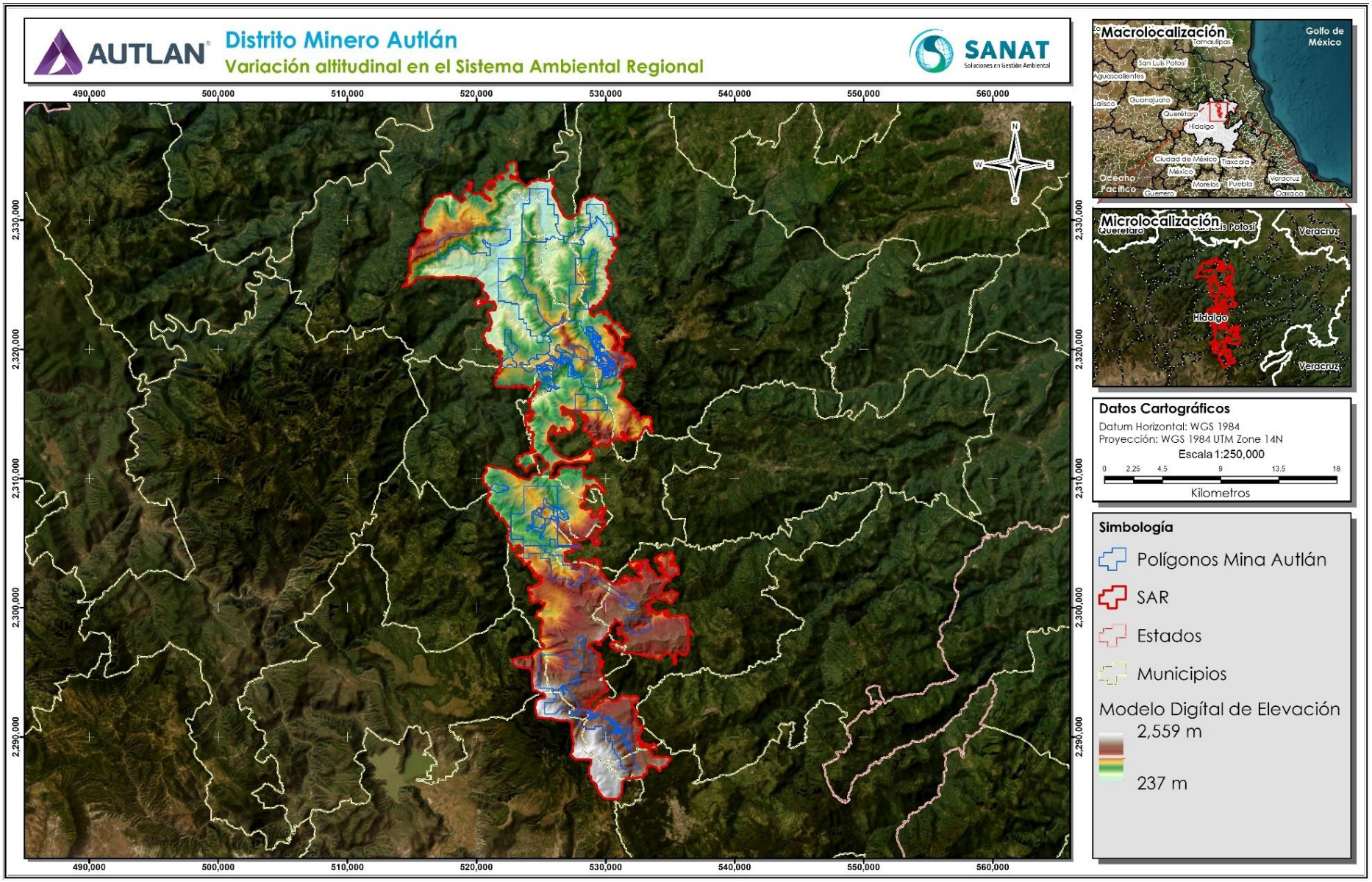
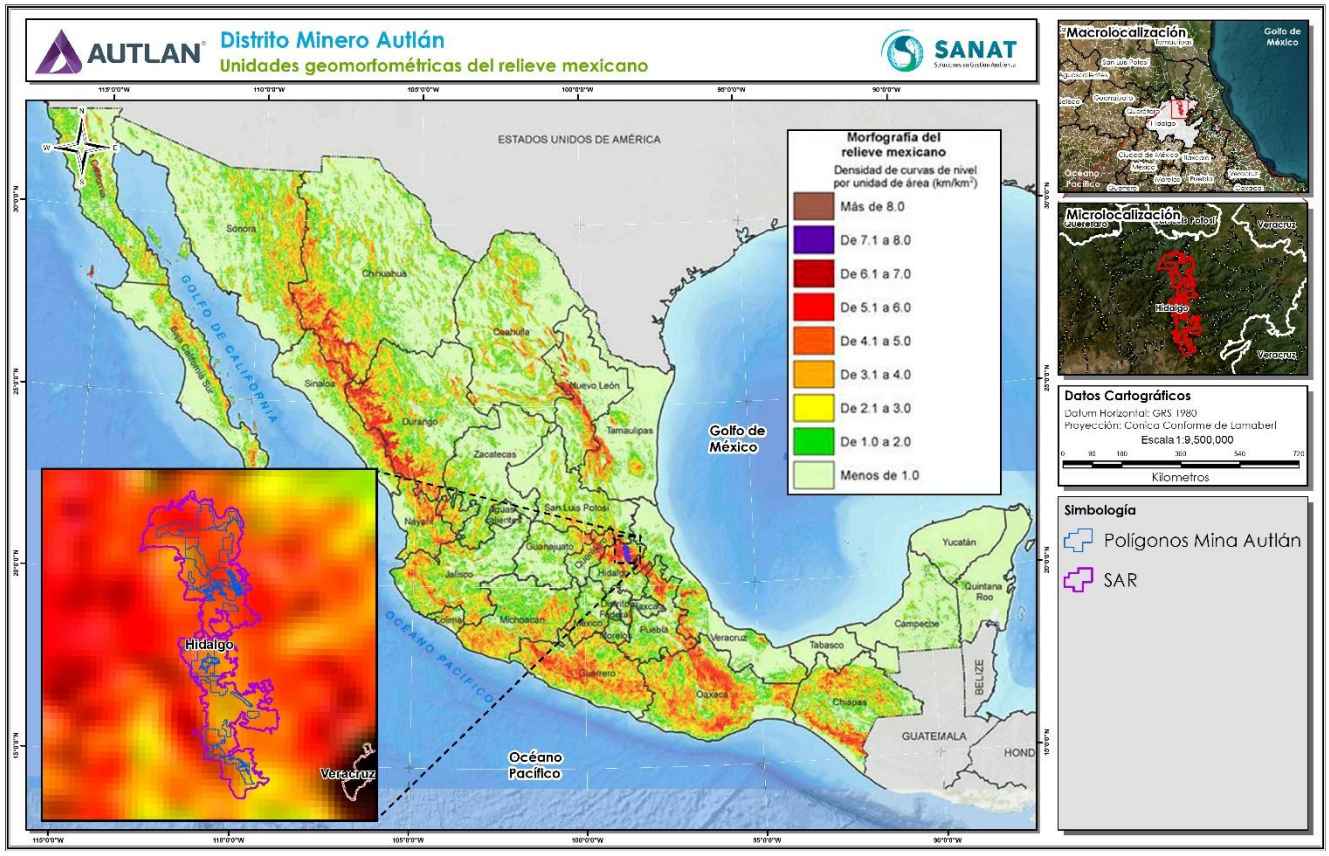



*Figura IV.31. Variación altitudinal en el sistema ambiental regional del proyecto en cuestión.*

El área de la Unidad Minera se caracteriza por presentar una morfología montañosa, con desniveles abruptos de más de 300 m, una pendiente del terreno que varía de 25 a 28º en la parte superior y disminuye hasta los 10º a la elevación de 850 m.

Para conocer la conformación geomorfométrica del relieve nacional Hernández et al. (2017), propusieron su realización mediante el cálculo de la densidad de curvas de nivel por unidad de área (km km$^{2-1}$). Para ello, extrajeron todas las curvas de nivel de la carta topográfica en formato vectorial 1:250,000 para estimar su densidad por unidad de área, complementado con análisis raster, dio como resultado una conformación de nueve tipos de unidades geomorfométricas según su densidad, yendo de menos de 10 para un carácter morfológico del "relieve plano, suavemente ondulado, muy débilmente diseccionado o no diseccionado", hasta más de 500 que corresponde a una unidad geomorfométrica "montañosa, muy fuertemente diseccionada" (Figura IV.32; Tabla IV.21).




Fuente: Adaptado de Hernández et al. (2017).

***Figura IV.32. Diferenciación de las unidades morfométricas a nivel nacional determinadas mediante la densidad de curvas de nivel por unidad de área (km km$^{2-1}$).***

*Tabla IV.21. Tipos de unidades geomorfométricas determinadas para México con base a la densidad de curvas de nivel por unidad de área[§].*

| ID | Densidad | Carácter morfológico |
|---|---|---|
| 1 | Menos de 10 | Plano, suavemente ondulado, muy débilmente diseccionado o no diseccionado, ocupando llanuras poligénicas. |
| 2 | De 10.1 a 20 | Ondulado, en ocasiones plano, débil o ligeramente diseccionado, aisladamente poligenético. |
| 3 | De 20.1 a 50 | Colinoso, moderadamente diseccionado. |
| 4 | De 50.1 a 100 | Muy colinoso y alomado, fuertemente diseccionado. |
| 5 | De 100.1 a 200 | Muy alomado, muy fuertemente diseccionado. |
| 6 | De 200.1 a 300 | Montañoso, en ocasiones alomado, ligeramente diseccionado. |
| 7 | De 300.1 a 400 | Montañoso, moderadamente diseccionado. |
| 8 | De 400.1 a 500 | Montañoso, fuertemente diseccionado. |
| 9 | Más de 500 | Montañoso, muy fuertemente diseccionado. |

[§] Tomada de Hernández et al. (2017).

Considerando la clasificación geomorfométrica propuesta por Hernández et al. (2017), se determinó que las unidades geomorfométricas que predominan en el SAR son: a) energía de relieve 100.1 a 200.0 m $km^{2-1}$ Muy alomado, muy fuertemente diseccionado; b) energía de relieve de 200.1 a 300 Montañoso, en ocasiones alomado, ligeramente diseccionado, y, C) energía de relieve de 300.1 a 400 Montañoso, moderadamente diseccionado (Figura IV.33). No obstante, también es posible identificar algunas pequeñas áreas en las que se tiene una energía de relieve de contorno morfográfico de 50.1 a 100 Muy colinoso y alomado, fuertemente diseccionado y de 400.1 a 500.0 Montañoso, fuertemente diseccionado.

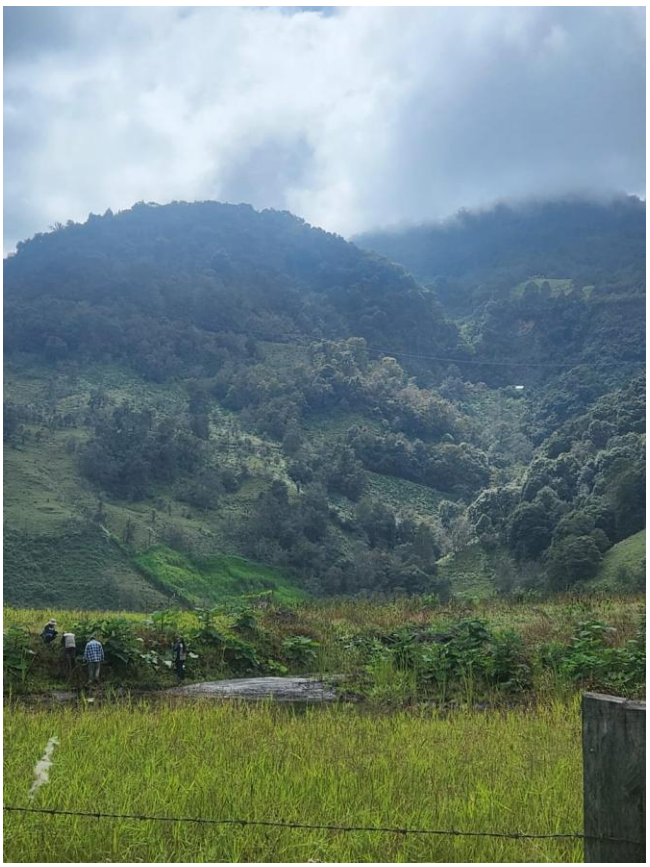










*Figura IV.33. Unidades geomorfométricas identificadas dentro del polígono del SAR del proyecto.*

Al respecto, es importante mencionar que las obras del proyecto se habilitarían en áreas con unidades geomorfométricas muy alomado, muy fuertemente diseccionado a montañoso, en ocasiones alomado, ligeramente diseccionado.

En la conformación y distinción fisiográfica de una región interviene, además de las características específicas del relieve, identificar y definir los procesos geológicos suscitados que intervinieron para darle su constitución y características actuales. INEGI (2008) menciona que las provincias fisiográficas son regiones en las que el relieve es el resultado de la acción de un mismo conjunto de agentes modeladores del terreno, así como de un mismo origen geológico, lo mismo que un muy semejante tipo de suelo y de la vegetación que sustenta.

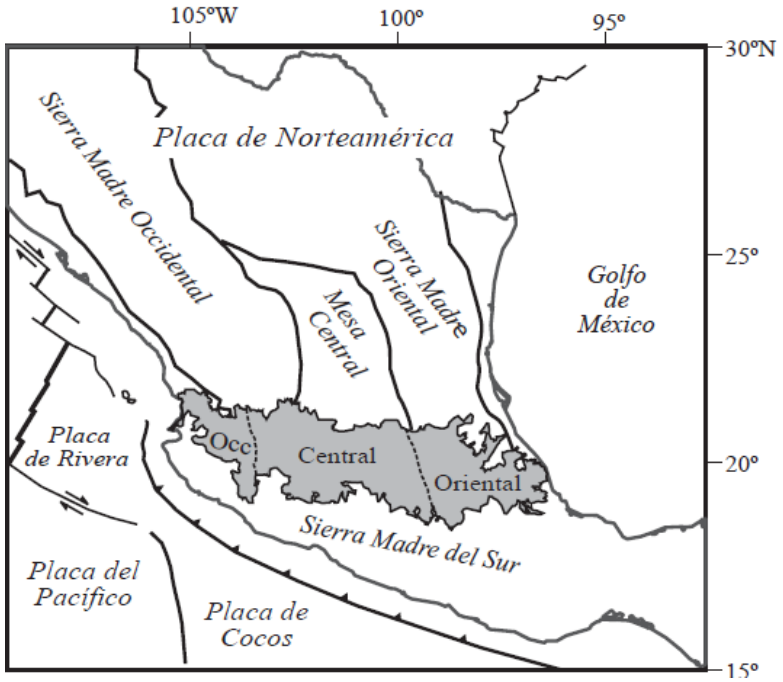
#### IV.3.1.7.3. Geología

El área del SAR se ubica en la provincia geológica denominada Faja Volcánica Transmexicana (FVTM). Demant (1978) y Gómez-Tuena (2005), definen esta provincia geológica como un arco magmático continental, constituido por cerca de 8,000 estructuras volcánicas y algunos cuerpos intrusivos, que se extiende desde las costas del Pacífico, en San Blas Nayarit y Bahía de Banderas, Jalisco, hasta las costas del Golfo de México en Palma Sola, Veracruz.

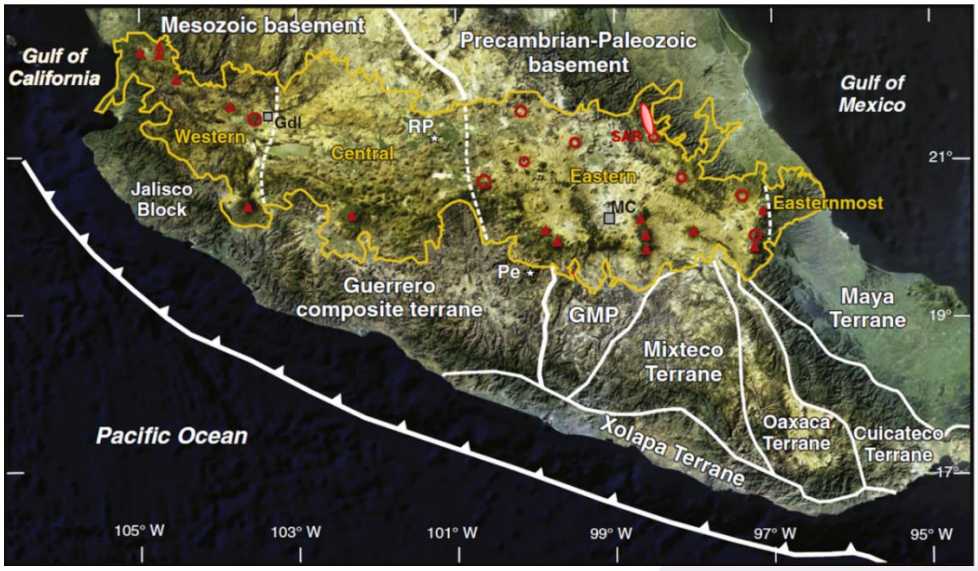
Geológicamente a la provincia fisiográfica donde se ubica el SAR definido para el proyecto se le conoce como Faja Volcánica Transmexicana, pues tiene una posición transversal con respecto a las grandes provincias geológicas mexicanas que corren en sentido NNW-SSE (Demant, 1978). Al norte bloquea la Sierra Madre Oriental, la Meseta Central y la Sierra Madre Oriental y, al sur colinda con la Sierra Madre del Sur (Figura IV.34).

La FVTM está conformada por un ensamble de masas corticales, con historias geológicas diferentes, y se divide en tres sectores considerando para ello su geología y tectónica (Demand, 1978; Gómez-Tuena, 2005; Ferrari et al., 2012) (Figura IV.34): a) Sector occidental, entre la costa del Golfo de California y la junta triple de los rifts de Zacoalco, Chapala y Colima; b) Porción central, entre la junta triple de los rifts de Zacoalco, Chapala y Colima y el sistema de fallas Taxco-San Miguel de Allende, y, c) Porción oriental, entre el sistema de fallas Taxco-San Miguel de Allende y la costa del Golfo de México.

Las divisiones Oestes y Central de la Faja se ubican sobre el terreno Guerrero, del basamento Mesozoico, que está compuesto por rocas volcánicas y volcaniclásticas de afinidad oceánica a continental, con un importante componente de rocas sedimentarias marinas (Gómez-Tuena, 2005). Estos mismos autores refieren que hay otros estudios estratigráficos, geocronológicos y estructurales que consideran el terreno Guerrero como un conjunto de rocas volcánicas y sedimentarias depositadas sobre la corteza atenuada de la placa de Norteamérica, que fue posteriormente deformada por la orogenia Larámide.




Fuente: Tomada de Gómez-Tuena et al. (2005).

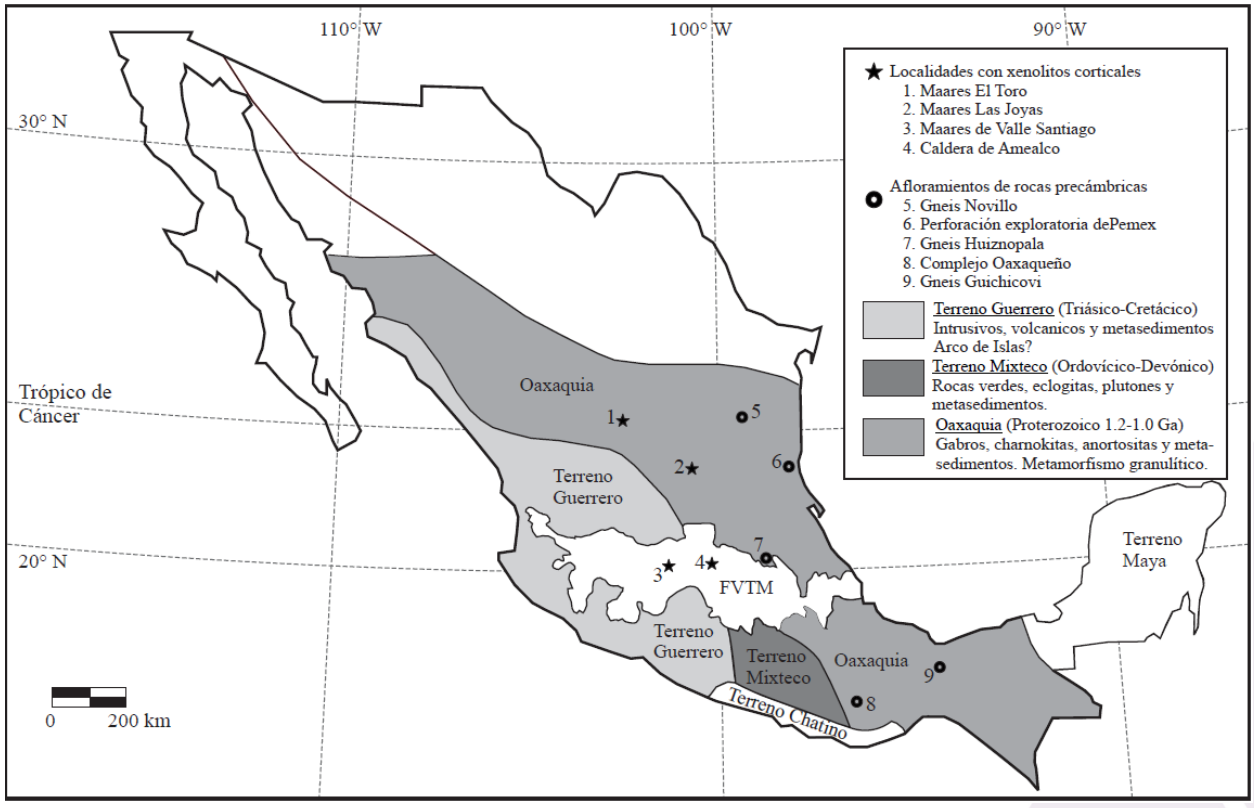



Fuente: Adaptado de Ferrari et al. (2012).

***Figura IV.34. Ubicación de la provincia fisiográfica Faja Volcánica Transmexicana con respecto a las principales provincias de México, y los tres sectores en las que se divide (arriba). Y, ubicación aproximada del SAR con respecto a la división de la FVTM (abajo).***

La porción oriental norte de la FVTM, donde se ubica el SAR del proyecto, se encuentra sobre el microcontinente Oaxaquia (Ortega-Gutiérrez et al., citado por Gómez-Tuena, 2005). Este microcontinente representa una masa cortical de edad Grenvilliana (~1 Ga), con una extensión aproximada de 1’000,000 km$^2$.

De acuerdo con lo descrito por (Gómez-Tuena et al., 2005), el microcontinente Oaxaquia está definido por distintos afloramientos localizados hacia la porción oriental de México: Gneis Novillo (Ciudad Victoria, Tamaulipas), Gneis Huiznopala (Molango, Hidalgo), Complejo Oaxaqueño (Oaxaca), Complejo Guichicovi (La Mixtequita, Oaxaca) (Figura IV.35).




Fuente: Tomada de Gómez-Tuena et al. (2005).

***Figura IV.35. Terrenos tectonoestratigráficos mexicanos que podrían formar el basamento de la FVTM.***

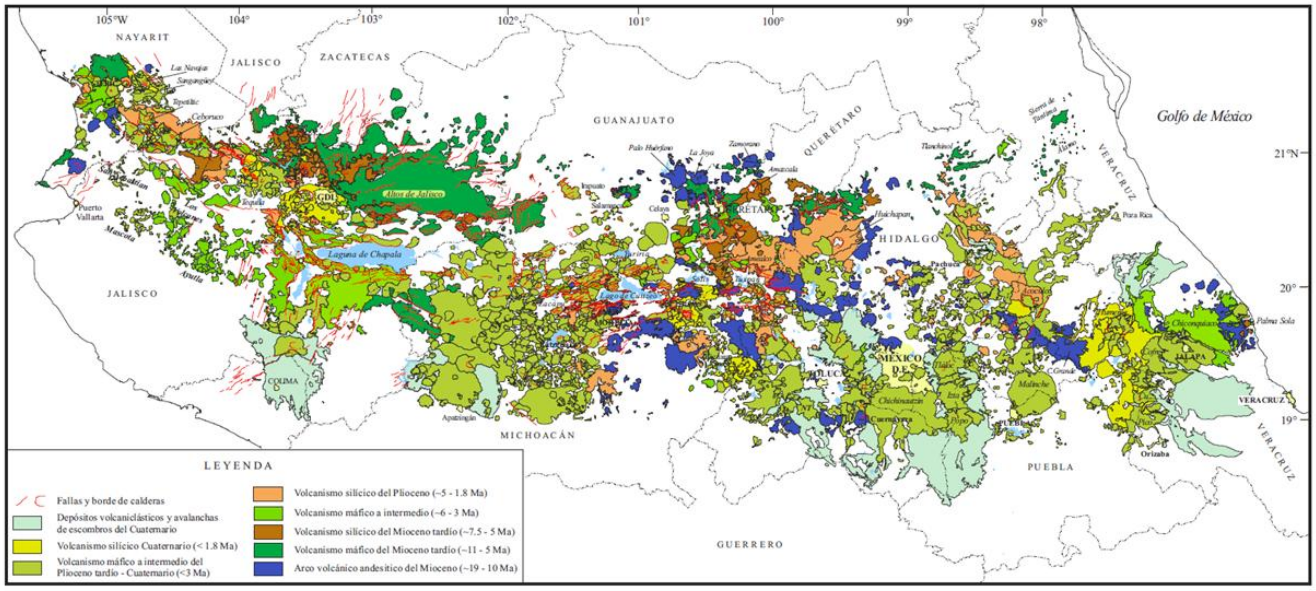
Los afloramientos del Complejo Oaxaqueño están conformados principalmente por metapelitas, gneises cuarzofeldespáticos, calcisilicatos, anfibolitas y mármoles, comúnmente intrusionados por anortositas, charnokitas y gneises máficos granatíferos (Gómez-Tueba et al., 2005). Toda la secuencia se encuentra metamorfizada en facies de granulita, y localmente reequilibrada en facies de anfibolita.

La porción oriental de la FVTM se caracteriza por tener las rocas alcalinas sódica más antiguas, entre los campos volcánicos que tienen este tipo de rocas se encuentra el de Tlanchinol. De acuerdo con estudios geológicos y geocronológicos realizado por Ferrari et al., citados por Gómez-Tueba et al. (2005), se reportan edades de 7.6 – 5.7 Ma para la sierra de Tantima, campo volcánico de Álamo y flujos lávicos de Tlanchinol.

La FVTM está conformada por diversos episodios que constituyen su historia geológica. Demant (1978) la dividió en cuatro episodios, siendo éstos:

1) Instauración de un arco de composición intermedio en el Mioceno medio y tardío.
2) Episodio máfico del Mioceno tardío.
3) Episodio silícico de finales del Mioceno y principios del Plioceno temprano.
4) Reinstauración de un arco con gran variabilidad composicional a partir del Plioceno tardío.

En la división Este de la Faja Volcánica Transmexicana, donde se ubica el SAR del proyecto, es donde mayor heterogeneidad de episodios se tienen (Figura IV.36). Aquí coinciden áreas pertenecientes al Arco volcánico andesítico del Mioceno (~19-10 Ma), volcanismo silícico del Mioceno tardío (~7.5-5 Ma), volcanismo máfico a intermedio (~6-3 Ma), volcanismo silícico Cuaternario (< 1.8 Ma) y depósitos volcaniclásticos y avalanchas de escombros del Cuaternario. No obstante, los presentes en la región del SAR corresponden al volcanismo máfico del Mioceno tardío (~11-5 Ma) y volcanismo silícico del Plioceno (~5-1.8 Ma).




Fuente: Tomada de Gómez-Tuena et al. (2005).

***Figura IV.36. Mapa geológico simplificado de la Faja Volcánica Transmexicana.***

Derivado de la actividad volcánica en la Faja Volcánica, las columnas estratigráficas muestran una gran variación en su composición y edad geológica. La clasificación geológica del INEGI para la región. De acuerdo con su cartografía, el área del SAR delimitado para el proyecto, y sus áreas aledañas, está constituida por 10 formaciones geológicas y mismo número de diferentes tipos de litología – rocas (Figura IV.37; Tabla IV.22).

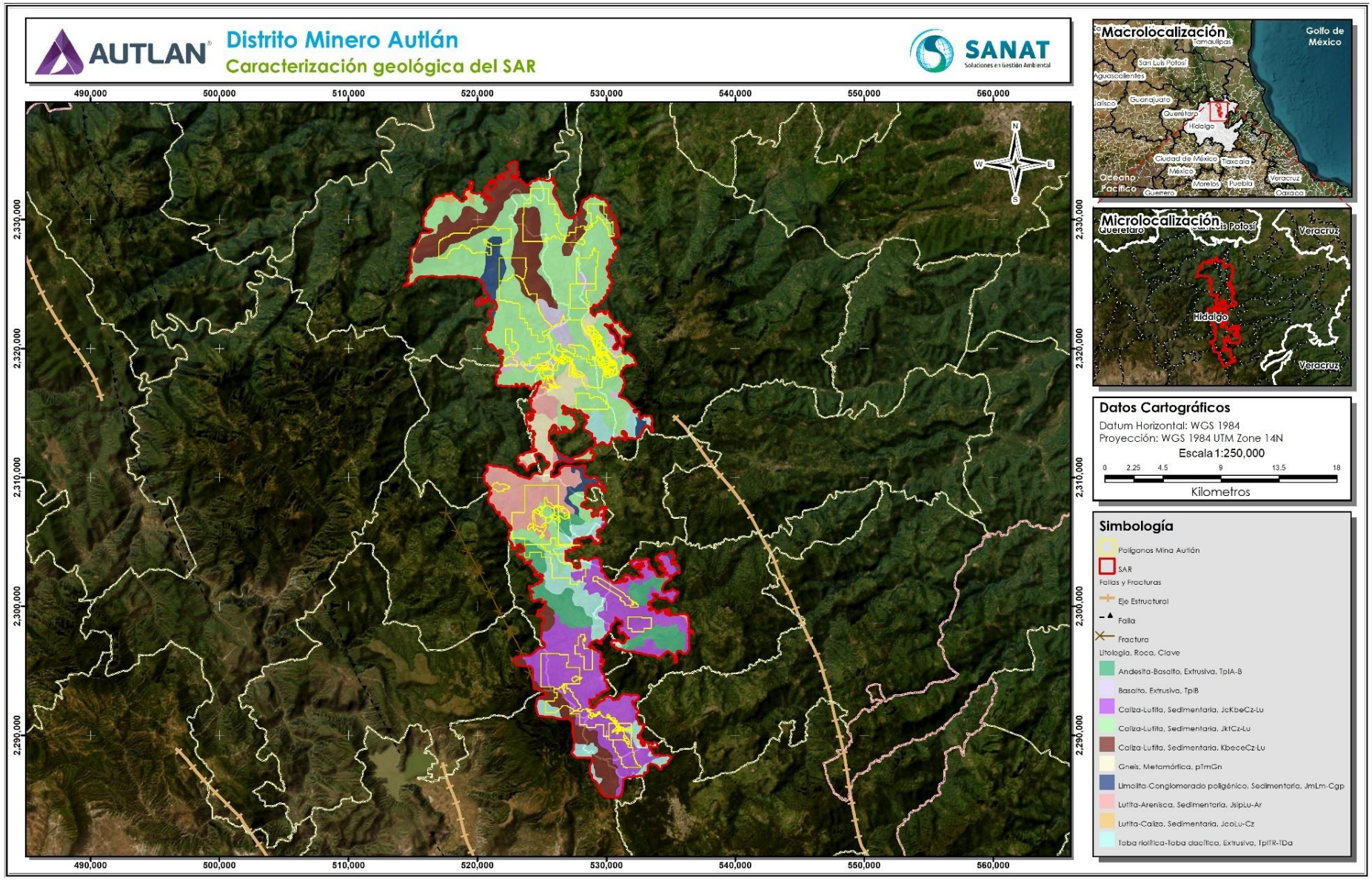



*Figura IV.37. Caracterización geológica del SAR delimitado para el desarrollo del proyecto.*

*Tabla IV.22. Unidades litológicas dentro del polígono del SAR definido para el desarrollo del proyecto.*

| Era | Periodo | Edad inicio | Edad final | Litología | Roca | Clave | Formación | Superficie (ha) | Proporción (%) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Precámbrico | Proterozoico | Proterozoico medio | Proterozoico medio | Gneis | Metamórfica | pTm(Gn) | Huiznopala | 1,558.73 | 4.00 |
| Mesozoico | Jurásico medio-superior | Kimmeridgiano | Tithoniano | Caliza-Lutita | Sedimentaria | Jkt(cz-lu) | Pimienta | 13,863.77 | 35.55 |
| Mesozoico | Jurásico medio-superior | Calloviano | Oxfordiano | Lutita-Caliza | Sedimentaria | JcJo(lu-cz) | Santiago | 158.47 | 0.41 |
| Mesozoico | Jurásico medio | Jurásico medio | Jurásico medio | Limolita-Conglomerado poligénico | Sedimentaria | Jm(lm-cgp) | Cahuasas | 1,174.91 | 3.01 |
| Mesozoico | Jurásico temprano | Sinemuriano | Pliensbachiano | Lutita-Arenisca | Sedimentaria | JsiJp(lu-ar) | Huayacocotla | 2,930.99 | 7.52 |
| Mesozoico | Jurásico-Cretácico | Calloviano | Berriasiano | Caliza-Lutita | Sedimentaria | JcKbe(cz-lu) | Santiago-taman-pimienta | 7,345.28 | 18.83 |
| Mesozoico | Cretácico | Berriasiano | Cenomaniano | Caliza-Lutita | Sedimentaria | KbeKce(cz-lu) | Tamaulipas indiferenciada | 5,262.48 | 13.49 |
| Cenozoico | Neógeno | Plioceno | Plioceno | Toba riolítica-Toba dacítica | Extrusiva | Tpl(TR-TDa) | Don Guinyo | 3,132.31 | 8.03 |
| Cenozoico | Neógeno | Plioceno | Plioceno | Andesita-Basalto | Extrusiva | Tpl(A-B) | San Cristóbal | 2,430.07 | 6.23 |
| Cenozoico | Neógeno | Plioceno | Plioceno | Basalto | Extrusiva | Tpl(B) | Tlanchinol | 1,141.65 | 2.93 |
| | | | | | | | **Total** | **38,998.68** | **100.00** |

Las formaciones que coinciden en el SAR son, de mayor a menor cobertura superficial: Pimienta (35.55%), Santiago – Taman – Pimienta (18.83%), Tamaulipas indiferenciada (13.49%), Don Guinyo (8.03%), Huayacocotla (7.52%), San Cristóbal (6.23%), Huiznopala (4.00%), Cahuasas (3.01%), Tlanchinol (2.93%) y Santiago (0.41%).

La formación Huiznopala Es la formación más antigua, proveniente de la era Precámbrica, periodo Proterozoico, con inicio y final de la edad Proterozoio medio. Está conformada por rocas metamórficas que se encontraron al norte de Molango, estado de Hidalgo, a las cuales se les conoce como Gneis Huiznopala. De acuerdo con el Servicio Geológico Mexicano (ver: https://www.sgm.gob.mx/Lexico_Es/), las rocas metamórficas de esta formación aloran en los valles del Río Claro, Arroyo Agua de Sal, Arroyo Acatepec y Arroyo Cuizpala. Estudios más recientes refieren que la litología de esta formación está constituida de dos litofacies, a) secuencia metasedimentaria formada por una delgada capa de gneises cuarzo feldespático con abundantes granate y grafito, lo que sugiere un origen sedimentario, y, b) secuencia ortognésica que consiste en metaaanortositas de andesina asociada a gneises graboicos y chamokitas con bandas de gneises máficos.

La formación Pimienta es importante para el SAR del proyecto, ya que se trata de la que cubre mayor superficie, el 35.55% del polígono, principalmente al norte de la región, en el AI de la Unidad Minera Molango. Se originó en la era Mesozoica del periodo Jurásico medio-superior, de edad inicial Kimmeridgiano y final Tithoniano. Se encuentra conformada por roca sedimentaria de caliza densa, negra y/o blanca de estratificación delgada rica en capas de pedernal negro.

Hermoso de la Torre y Martínez-Pérez, citados por el SGM (ver: https://www.sgm.gob.mx/Lexico_Es/), mencionan que la parte inferior de esta unidad está constituida por roca sedimentaria de caliza negra arcillosa de estratificación delgada, que alternan con capas de lutita de color negro, así como con capas de bentonita y pedernal negro, mientras que la parte superior presenta caliza arcillosa de color pardo oscuro, con intercalaciones de lutita y nódulos de pedernal negro.

La roca sedimentaria se presenta en seis de las 10 formaciones presentes, en el 78.81% del SAR, de litología: a) Caliza-Lutita en la formación Pimienta; b) Lutita-Caliza, formación Santiago; c) Limolita-Conglomerado poligénico, formación Cahuasas; d) Lutita-Arenisca, formación Huayacocotla; e) Caliza-Lutita, formación Santiago-taman-pimienta, y, f) Caliza-Lutita, formación Tamaulipas indiferente.

La roca ígnea extrusiva se encuentra en el 17.19% del polígono, comprendiendo las formaciones Don Guiyo, San Cristóbal y Tlanchinol. En la formación Don Guiyo se tiene roca extrusiva de litología “Toba riolítica-Toba dacítica. En la formación San Cristóbal se tiene roca extrusiva de litología “Andesita-Basalto”. Y, la formación Tlanchinol presenta roca extrusiva tipo basalto.

Las rocas extrusivas ígneas se forman cuando el magma llega a la superficie terrestre a través de fisuras o conductos de los volcanes. A diferencia de las rocas intrusivas, estas contienen cristales que solo pueden ser por medio de un objeto de apoyo.

Las rocas extrusivas tipo basalto, que se encuentran en la formación Tlanchinol, por su contenido mineralógico predominante en $SiO_2$, es de tipo básica. Este tipo de rocas contienen entre 45% y 52% de $SiO_2$ y consisten de plagioclasa cálcica.

La andesita es un tipo de roca extrusiva intermedia en su contenido mineralógico predominante de $SiO_2$, es decir, se trata de una roca que contiene más del 52% y menos del 65% de $SiO_2$. Se trata de una roca volcánica generalmente porfídica que consiste en plagioclasa sódica.

La roca toba también se trata de una roca que sale a la superficie solo que a diferencia de la extrusiva esta se origina de una explosión y se forma de material volcánico suelto o consolidado. Generalmente son fragmentos mineralógicos de menores de 4.00 mm. La toba riolítica es de tipo ácida y se trata de una roca piroclástica de composición similar a la roca riolítica, es decir, que consiste en cuarzo y feldespato alcalino en mayor proporción que la plagioclasa sódica. La toba dacítica se diferencia de la riolítica en que está compuesta solo de cuarzo y plagioclasa sódica.

#### IV.3.1.7.4. Evaluación de zonas potenciales de deslave

El riesgo de deslaves constituye un desafío crucial en la gestión del territorio, con importantes implicaciones ambientales, sociales y económicas. En México, regiones con morfología compleja, como el estado de Hidalgo, son particularmente vulnerables a movimientos en masa, debido a la interacción de procesos geológicos, condiciones climáticas extremas y la influencia de infraestructuras viales. La disponibilidad de Modelos Digitales de Elevación (MDE) de alta resolución, como los proporcionados por el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI, s.f.), ha permitido el uso de técnicas avanzadas en el análisis del relieve para identificar zonas críticas.

La aplicación del método de Zevenbergen & Thorne (1987) para el cálculo de la pendiente máxima ha demostrado ser una herramienta efectiva para cuantificar la inclinación del terreno, identificando áreas con condiciones propicias para la inestabilidad. Complementariamente, la utilización de modelos semicuantitativos de potencial de falla ofrece una perspectiva adicional para delimitar zonas susceptibles a deslizamientos. Este enfoque integrado resulta fundamental para orientar estrategias de prevención y mitigación, contribuyendo a la toma de decisiones en la planificación territorial y la gestión del riesgo.

Con el fin de identificar zonas críticas a deslaves, se evaluó el riesgo potencial de deslaves en el SAR. Para ello, se integró el análisis de la pendiente máxima, utilizando el método de Zevenbergen & Thorne (1987), y la modelación del potencial de falla de laderas. Los objetivos que se fijaron con esta evaluación fueron:

- Calcular la pendiente máxima del territorio a partir de un Modelo Digital de Elevación (MDE) de 15 m de resolución, utilizando el método de Zevenbergen & Thorne (1987), para detectar áreas con inclinaciones críticas susceptibles a movimientos en masa.
- Modelar el potencial de falla de laderas mediante la aplicación del complemento Potential Slope Failure, generando una clasificación binaria que distinga entre zonas consolidadas y áreas potencialmente inestables, considerando parámetros geotécnicos genéricos.
- Integrar visualmente ambos análisis mediante la superposición de mapas, identificando y delimitando áreas prioritarias para intervenciones de mitigación, especialmente aquellas cercanas a caminos, con el fin de fortalecer la gestión del riesgo territorial.

##### IV.3.1.7.4.1. Metodología empleada

La identificación preliminar de áreas susceptibles a deslizamientos se realizó a partir del tratamiento y cruce de información geoespacial derivada de un Modelo Digital de Elevación (MDE). Además, se integraron dos enfoques

complementarios: el cálculo de la pendiente máxima y la modelación del potencial de falla de laderas, mediante herramientas especializadas en el entorno de QGIS 3.34.

**Cálculo de Pendiente Máxima (Maximum Slope Analysis)**

El cálculo de pendiente se llevó a cabo a partir del MDE a resolución de 15 metros, utilizando el método de Zevenbergen & Thorne (1987). El modelo estima la pendiente máxima local mediante derivadas de primer orden aplicadas a una ventana de vecindad 3 x 3. Este método permite capturar de manera precisa la inclinación del terreno expresada en grados decimales, con valores que oscilan entre 0° (superficie completamente horizontal) y 90° (pendientes verticales).

Este parámetro constituye una de las principales condicionantes geomorfológicos en los procesos de inestabilidad de laderas, dado que pendientes elevadas aumentan considerablemente las probabilidades de deslizamientos, especialmente en presencia de saturación del suelo, alteración antrópica o baja cohesión litológica.

**Evaluación del Potencial de Falla**

Se empleó el complemento Potential Slope Failure de QGIS para la estimación espacial del potencial de inestabilidad de laderas. Este plugin implementa un modelo semicuantitativo basado en principios de equilibrio límite simplificado, considerando la pendiente del terreno como variable principal, y utilizando parámetros geotécnicos promedio para la cohesión, el ángulo de fricción interna y la presión intersticial.

El resultado fue una clasificación binaria del territorio, donde las celdas marcadas con valor 0 (cero) corresponden a zonas potencialmente inestables o susceptibles a deslizamientos, mientras que aquellas con valor 1 (uno) se consideran estables o consolidadas bajo los supuestos del modelo. Esta clasificación, aunque general, permite una identificación eficaz de áreas críticas a partir de los factores topográficos predominantes.

**Integración de Resultados mediante Superposición Visual**

Dado que las capas generadas presentan diferentes estructuras de resolución y extensión espacial, se optó por una técnica de superposición visual con transparencia para su análisis comparativo. Ambas capas (pendiente máxima y potencial de falla) fueron estandarizadas en su simbología mediante rangos y colores equivalentes, lo que facilitó la identificación de zonas con convergencia espacial de alta pendiente e inestabilidad potencial.

#### IV.3.1.7.4.2. Resultados de zonas potenciales de deslave

En la Figura IV.38 se muestra el resultado obtenido en el análisis para la identificación de zonas potenciales de deslaves. Las áreas con tonalidades moradas indican la coincidencia de valores críticos en el análisis MDE y en la evaluación del potencial de falla, lo que sugiere una mayor susceptibilidad a deslizamientos. Y, las zonas de color amarillo son las zonas con menor potencial de deslave o zonas consolidadas.

De manera general, las zonas potencialmente inestables (las moradas) se encuentran mayormente en la proximidad a infraestructuras viales, principalmente. Una excepción son los cuerpos de agua que, como se puede ver, tanto la

laguna Atezca, ubicada en el municipio de Molango de Escamilla dentro del SAR, y la laguna de Metztitlán, ubicada en los municipios de Metztitlán y Eloxochitlán, fuera del SAR, son las áreas de mayor magnitud identificadas como zonas potenciales de deslaves, cauces o infraestructura vial.

El polígono del SAR se caracteriza por clasificarse como una zona con bajo potencialmente para sufrir deslaves. Al norte del SAR, en áreas pertenecientes a los municipios de Lolotla y Tepehuacán de Guerrero, es donde existen más pequeñas áreas con mayor susceptibilidad de sufrir deslizamientos. Estas áreas son pequeñas y tienen un claro patrón de distribución, las cuales siguen conformaciones geomorfológicas, correspondiendo a las zonas con mayor pendiente.

La parte centro y sur del polígono del SAR tiene menor cantidad de áreas susceptibilidad a deslizamientos. En la zona centro sur del polígono existe un área clasificada con de susceptibilidad moderada o media a deslizamiento, pero corresponde al asentamiento humando formado por la cabecera municipal de Molango de Escamilla. Igualmente, suroeste del polígono, a lo largo del límite del SAR, existe otra área que tiene la misma clasificación moderada al deslizamiento, en este caso determinada por factores de pendiente.

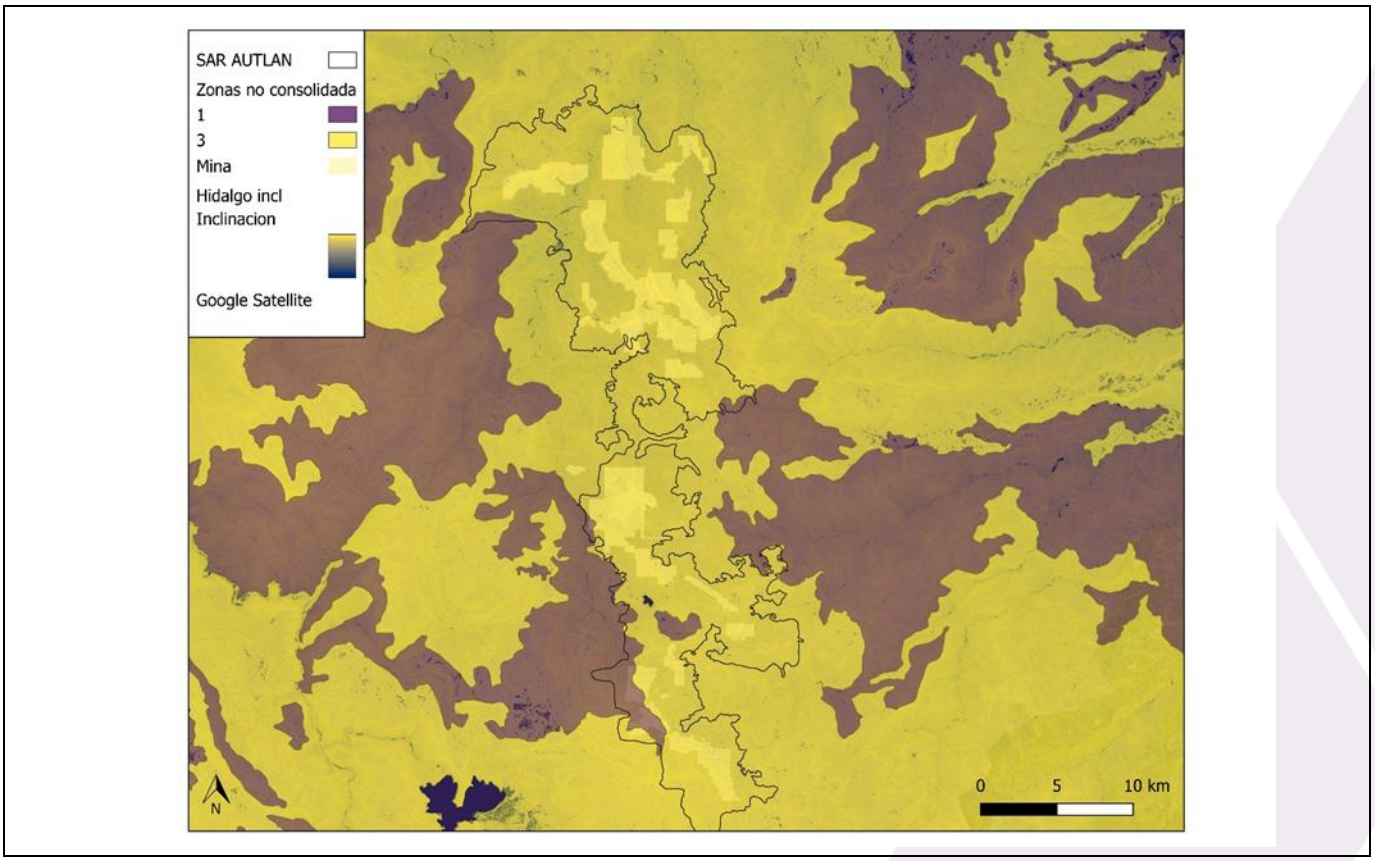



*Figura IV.38. Identificación de zonas potenciales de deslave en el polígono del SAR y zonas aledañas identificadas mediante la superposición de la pendiente máxima y el potencial de falla de laderas.*

La metodología empleada para la identificación de zonas potenciales de sufrir deslaves permite una interpretación espacial efectiva, especialmente en contextos donde se busca una aproximación diagnóstica o de cribado territorial.

La inspección visual se reforzó mediante la interpretación de la textura del relieve, destacando zonas abruptas o morfológicamente activas que coinciden con las clases más críticas de los análisis anteriores.

El procedimiento descrito integra de forma coherente el análisis morfométrico del terreno con una evaluación teórica de la estabilidad geotécnica superficial. Esta metodología permite identificar zonas prioritarias para el análisis de riesgos por movimientos en masa, siendo adecuada como herramienta de apoyo a la planificación territorial y la prevención de desastres, especialmente en fases iniciales de evaluación o ante la ausencia de datos locales detallados.

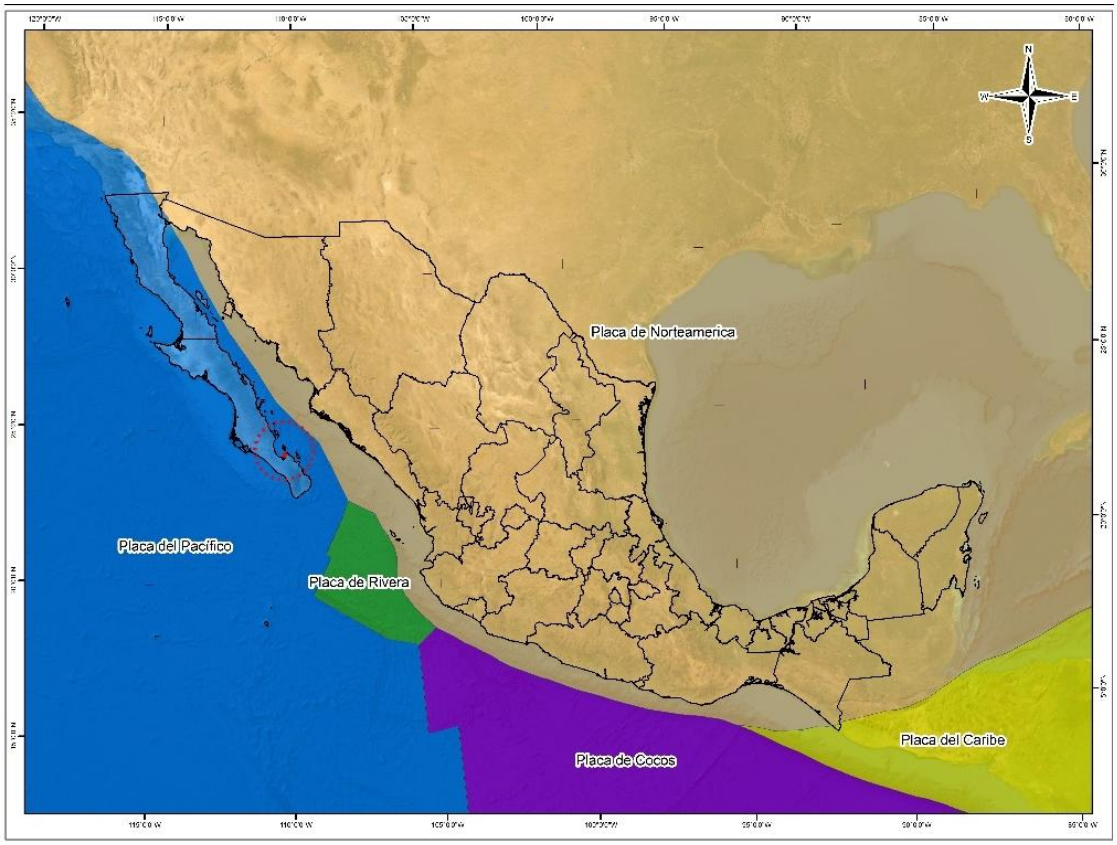
Es importante recalcar que algunas de las zonas identificadas como potencialmente inestables se encuentran en proximidad a caminos, lo que puede representar un factor de riesgo adicional en términos de infraestructura y seguridad vial. Esta información puede ser clave para la implementación de estrategias de mitigación o monitoreo en puntos críticos.

### IV.3.1.8. Sismicidad

México se considera un país activo sísmicamente, en el que se tiene conocimiento de este tipo de eventos desde el periodo prehispánico y la conquista. Esta actividad es resultado de la subducción de la placa de Cocos a lo largo de la Trinchera Mesoamericana. En el sur y oeste de México, este fenómeno es más complejo debido a que es controlada por la subducción de la placa de Cocos bajo las placas Norteamérica y Caribe en el sureste.

Si bien, en el periodo prehispánico y de la conquista no se tenían sismógrafos para medir la intensidad y duración de los temblores, quedaron evidencias documentadas de los daños que éstos dejaban en los lugares donde impactaban. Es a finales del siglo XIX cuando ya se empezó a tener conocimiento de las características de estos movimientos.

El país se encuentra en una zona de alta sismicidad debido a la interacción de cinco placas tectónicas: la placa de Norteamérica, Pacífico, Caribe, Rivera y la placa de Cocos (Figura IV.39). De acuerdo con el Servicio Sismológico Nacional, estas últimas dos placas se encuentran en subducción (se sumergen) debajo de la placa de Norteamérica y, la de Cocos, además, con la placa del Caribe. Rivera se sumerge bajo Jalisco y Colima, mientras que Cocos lo hace debajo de Michoacán, Guerrero, Oaxaca y Chiapas (García, 2007). Al sur de Chiapas y en Centroamérica, Cocos continua, pero ahora subduciendo debajo de la placa del Caribe.




Fuente: Servicio Sismológico Nacional, en: http://www.ssn.unam.mx/jsp/reportesEspeciales/sismoMayor.pdf

***Figura IV.39. Placas tectónicas que se encuentran influenciando la República Mexicana.***

De acuerdo con DeMets et al., Gripp y Gordon, y DeMets citados por García (2007), la placa de Norteamérica se mueve hacia la placa de Cocos, mientras que la placa del Caribe está esencialmente estacionaria o se aleja muy lentamente de la placa de Cocos. Estos movimientos, principalmente el convergente que existe entre las placas Norteamericana con la de Cocos y la del Caribe con la Norteamericana, son los que generan grandes liberaciones de energía en forma de ondas sísmicas y de otros procesos tectónicos.

La liberación de las ondas sísmicas se manifiesta externamente mediante los movimientos telúricos, los que dependiendo de la energía a liberarse es la intensidad del movimiento. Normalmente, y principalmente en las grandes ciudades, movimientos con intensidades menores a 4 grados son poco o imperceptibles, mientras que, por otro lado, sismos por arriba de 5 grados son altamente perceptibles y, en algunos casos, devastadores.

En México, los sismos que se presentaron en septiembre de 1985 son un parteaguas a la respuesta a este tipo de eventos a nivel nacional. Es a partir de estos temblores que se empezaron a tomar mayores acciones para reducir las afectaciones por este tipo de fenómenos, tanto preventivas en el accionar de la gente durante los temblores como en la forma de construcción. Los resultados de dichas acciones se ven con los resultados obtenidos en los eventos posteriores con magnitudes mayores a los 6º, donde las afectaciones a la infraestructura y muertes ocasionadas han disminuido significativamente.

Sin duda que la tecnología actual ha ayudado a reducir los impactos, ya que los equipos sísmicos actuales son más sensibles al movimiento, mayores a 4 gales (cm $s^{2-1}$), que corresponde a la aceleración a la cual el ser humano comienza a percibir movimientos del terreno, lo que es utilizado por el sistema de alerta sísmica para que se tomen las debidas precauciones.

De 1990 a 2024, en México se han tenido en promedio 23.9 sismos por día, con un mínimo de 1.7 (1992 y 1994) y un máximo de 90.3 (2024), según la base de datos del Servicio Sismológico Nacional (ver: http://www2.ssn.unam.mx:8080/estadisticas/) (Tabla IV.23). Su incidencia se ha ido acrecentando, en la década de los 90's se tuvieron 2.3 temblores diarios, en promedio, pero a partir de 2010 éstos se han incrementado de manera exponencial, llegando a ser 37.2 sismos en promedio en la década de 2010 a 2019. No obstante, en los que va de la década de los 2020's se ha tenido la mayor cantidad de sismos anuales, lo cual que refleja en el hecho de que el año pasado ha sido cuando se ha tenido la mayor cantidad de sismos diarios (Figura IV.40).

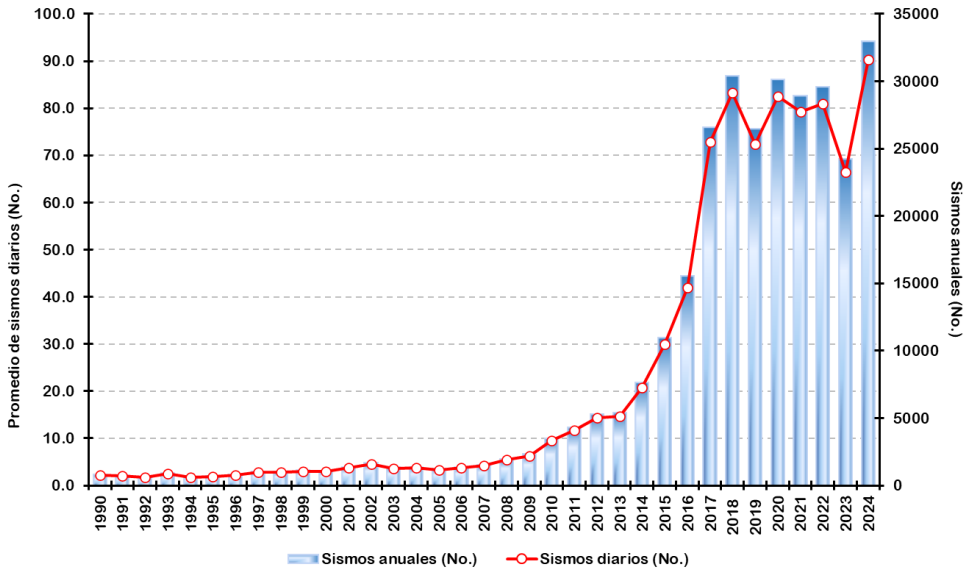
De los sismos registrados en el país en el periodo referido, el 85.8% fueron menores de 4 grados, y solo 135 (0.04% con respecto al total), fueron sismos superiores a 6 de magnitud.

***Tabla IV.23. Número de sismos, clasificados por magnitud, presentes en México de 1990 a 2024 de acuerdo con la base de datos del Servicio Sismológico Nacional[§].***

| Año | Sismos anuales (No.) | Sismos diarios (No.) | Magnitud | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | No calculable | 0 - 2.9 | 3 - 3.9 | 4 - 4.9 | 5 - 5.9 | 6 - 6.9 | 7 - 7.9 | 8 - 8.9 |
| 1990 | 796 | 2.2 | 1 | 12 | 247 | 510 | 24 | 2 | 0 | 0 |
| 1991 | 728 | 2.0 | 4 | 2 | 183 | 509 | 29 | 1 | 0 | 0 |
| 1992 | 614 | 1.7 | 1 | 4 | 184 | 398 | 27 | 0 | 0 | 0 |
| 1993 | 916 | 2.5 | 1 | 47 | 274 | 548 | 40 | 5 | 1 | 0 |
| 1994 | 622 | 1.7 | 0 | 20 | 192 | 383 | 24 | 3 | 0 | 0 |
| 1995 | 678 | 1.9 | 0 | 17 | 188 | 438 | 26 | 6 | 2 | 1 |
| 1996 | 789 | 2.2 | 0 | 8 | 203 | 543 | 32 | 2 | 1 | 0 |
| 1997 | 1019 | 2.8 | 13 | 44 | 388 | 533 | 34 | 6 | 1 | 0 |
| 1998 | 1024 | 2.8 | 2 | 11 | 453 | 532 | 21 | 5 | 0 | 0 |
| 1999 | 1099 | 3.0 | 1 | 12 | 542 | 527 | 11 | 4 | 2 | 0 |
| 2000 | 1052 | 2.9 | 9 | 28 | 463 | 531 | 18 | 2 | 1 | 0 |
| 2001 | 1344 | 3.7 | 9 | 8 | 704 | 585 | 32 | 6 | 0 | 0 |
| 2002 | 1689 | 4.6 | 0 | 4 | 880 | 761 | 40 | 4 | 0 | 0 |
| 2003 | 1323 | 3.6 | 0 | 5 | 728 | 568 | 18 | 3 | 1 | 0 |
| 2004 | 1347 | 3.7 | 0 | 2 | 670 | 639 | 33 | 3 | 0 | 0 |
| 2005 | 1210 | 3.3 | 0 | 1 | 678 | 514 | 17 | 0 | 0 | 0 |
| 2006 | 1356 | 3.7 | 0 | 0 | 792 | 544 | 19 | 1 | 0 | 0 |
| 2007 | 1528 | 4.2 | 0 | 1 | 728 | 764 | 33 | 2 | 0 | 0 |
| 2008 | 1958 | 5.4 | 0 | 7 | 1154 | 780 | 15 | 2 | 0 | 0 |
| 2009 | 2301 | 6.3 | 0 | 5 | 1648 | 610 | 37 | 1 | 0 | 0 |
| 2010 | 3462 | 9.5 | 0 | 23 | 2454 | 954 | 27 | 3 | 1 | 0 |

| Año | Sismos anuales (No.) | Sismos diarios (No.) | Magnitud | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | No calculable | 0 - 2.9 | 3 - 3.9 | 4 - 4.9 | 5 - 5.9 | 6 - 6.9 | 7 - 7.9 | 8 - 8.9 |
| 2011 | 4272 | 11.7 | 0 | 44 | 3357 | 839 | 27 | 5 | 0 | 0 |
| 2012 | 5244 | 14.4 | 1 | 21 | 4106 | 1054 | 50 | 10 | 2 | 0 |
| 2013 | 5361 | 14.7 | 0 | 57 | 4221 | 1046 | 33 | 4 | 0 | 0 |
| 2014 | 7610 | 20.8 | 1 | 238 | 6366 | 955 | 42 | 7 | 1 | 0 |
| 2015 | 10947 | 30.0 | 1 | 251 | 9057 | 1605 | 30 | 3 | 0 | 0 |
| 2016 | 15547 | 41.9 | 0 | 557 | 13501 | 1453 | 29 | 7 | 0 | 0 |
| 2017 | 26564 | 72.8 | 0 | 470 | 21628 | 4383 | 79 | 2 | 1 | 1 |
| 2018 | 30407 | 83.3 | 0 | 1584 | 25657 | 3122 | 41 | 2 | 1 | 0 |
| 2019 | 26442 | 72.4 | 0 | 308 | 23002 | 3087 | 43 | 2 | 0 | 0 |
| 2020 | 30130 | 82.5 | 0 | 309 | 26756 | 3029 | 33 | 2 | 1 | 0 |
| 2021 | 28926 | 79.2 | 0 | 651 | 25660 | 2581 | 32 | 1 | 1 | 0 |
| 2022 | 29553 | 81.0 | 0 | 1065 | 26029 | 2424 | 29 | 5 | 1 | 0 |
| 2023 | 24237 | 66.4 | 0 | 802 | 21240 | 2168 | 24 | 3 | 0 | 0 |
| 2024 | 32946 | 90.3 | 0 | 8069 | 22592 | 2254 | 30 | 1 | 0 | 0 |
| **Suma** | **305,041** | **835.2** | **44** | **14,687** | **246,925** | **42,171** | **1,079** | **115** | **18** | **2** |
| **Máx** | **32,946** | **90.3** | **13** | **8,069** | **26,756** | **4,383** | **79** | **10** | **2** | **1** |
| **Mín** | **614** | **1.7** | **0** | **0** | **183** | **383** | **11** | **0** | **0** | **0** |
| **Promedio** | **8,715** | **23.9** | **1** | **420** | **7,055** | **1,205** | **31** | **3** | **1** | **0** |

§ Fuente: Servicio Sismológico Nacional, en: http://www2.ssn.unam.mx:8080/estadisticas/




Fuente: Elaboración propia con información del Servicio Sismológico Nacional, en: http://www2.ssn.unam.mx:8080/estadisticas/

*Figura IV.40. Sismos totales anuales y promedios diarios presentes en México de 1990 a 2024 de acuerdo con la base de datos del Servicio Sismológico Nacional.*

La CFE elaboró la regionalización sísmica del país tomando como base, para ello, los registros históricos de grandes sismos en el país, los catálogos de sismicidad existentes y datos de aceleración del terreno como consecuencia de sismos de gran magnitud. Con base en los resultados obtenidos, el país se dividió en cuatro regiones sísmicas: a) zona A baja; b) zona B, media; c) zona C, alta y, d) zona D, muy alta, descritas como se sigue (Figura IV.41).

a) Zona A (Baja): Es donde no se tienen registros históricos, no se tiene conocimiento de eventos significativos en los 80 años previos a la elaboración del escrito y donde las aceleraciones del terreno se esperan sean menores al 10% del valor de la gravedad. Entre los estados ubicados en esta zona están Yucatán, Nuevo León, Coahuila y, parcialmente, Quintana Roo, Tabasco, Tamaulipas, San Luis Potosí, Zacatecas, Durango y Chihuahua.

b) Zonas B (Moderada) y C (Alta): En estas zonas la sismicidad no es nula, pero tampoco es tan intensa con en la zona D; los sismos son con menor frecuencia o las aceleraciones del terreno no rebasan el 70% de la gravedad. Estas zonas se ubican en una franja central que recorre de norte a sur el país y, es en la franja de la zona B donde se ubica la Ciudad de México, Pachuca y la parte norte y noreste del Estado de México.

c) Zona D (Muy alta): Es una franja que se ubica frente a las costas del océano Pacífico, abarcando parcialmente los estados de Chiapas, Oaxaca, Guerrero, Michoacán, Colima, Jalisco y Nayarit. Se caracteriza por un área donde ocurren con mayor frecuencia los grandes temblores y las aceleraciones del terreno que se esperan pueden ser superiores al 10% del valor de la gravedad.

De acuerdo con esta regionalización, el SAR definido para el proyecto se ubica dentro de la zona B (Moderada) (Figura IV.41). Esto significa que no es una zona asísmica, pero cuando se llegan a presentar éstos no son tan intensos ni tan frecuentes como en la zona C y las aceleraciones de terreno no rebasan el 70% de la gravedad de frecuencia.

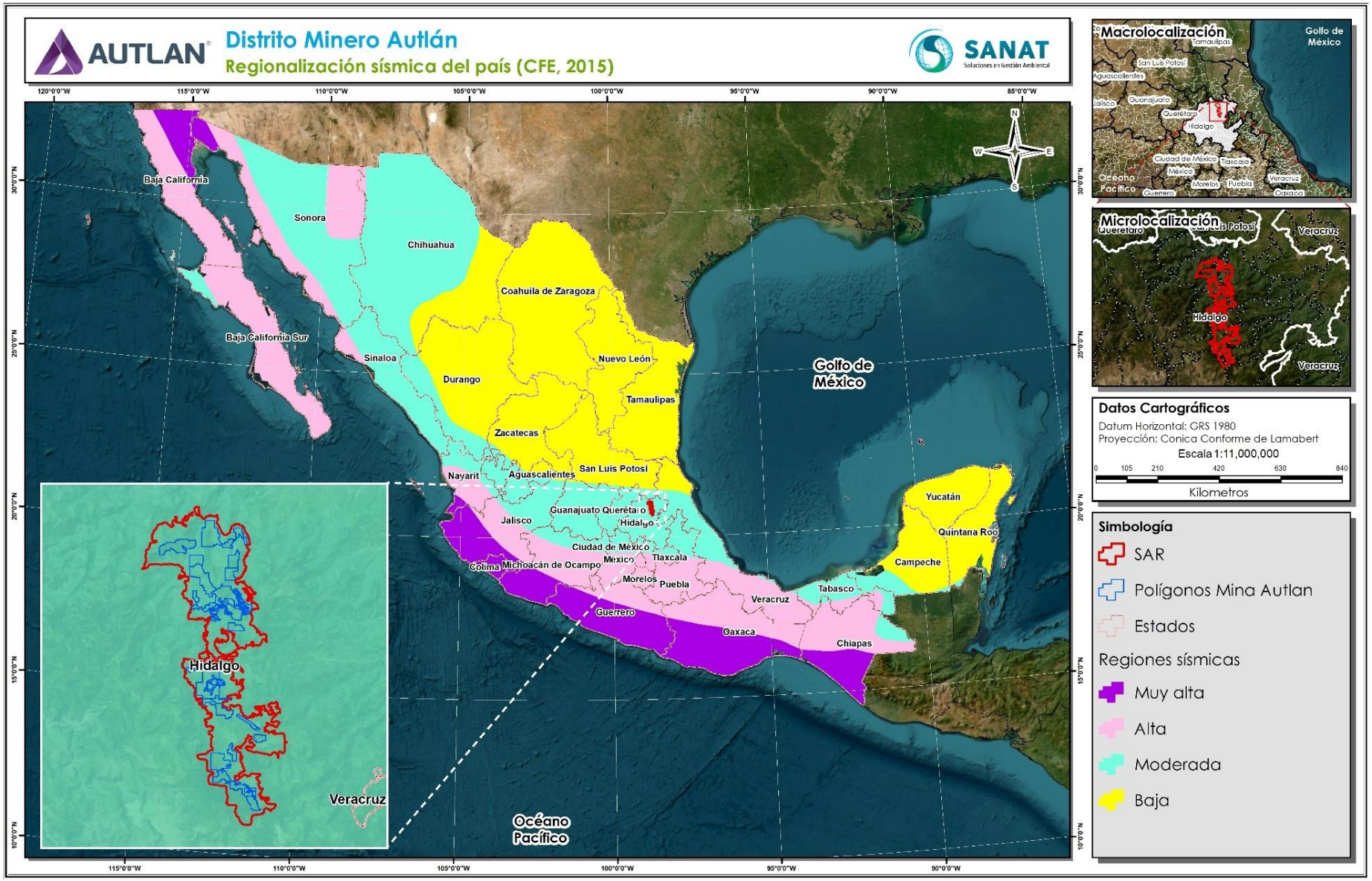



*Figura IV.41. Regionalización sísmica del país realizada por la CFE. Sismicidad: a) zona A baja; b) zona B, moderada; c) zona C, alta y, d) zona D, muy alta.*

De 1900 al 31 de diciembre de 2024 se han presentado 630 sismos de magnitud ≥ 6.5, entre 1900 y 1973, y ≥ 5.5, de 1974 a la fecha del análisis, a nivel nacional (Servicio Sismológico Nacional, en: http://www2.ssn.unam.mx:8080/sismos-fuertes/). El estado de Chiapas es el de mayor incidencia sísmica con el 27.1% de ellos (171 sismos), le siguen los estados de Oaxaca y Guerrero con el 16.2% y 15.6%, respectivamente (Figura IV.42). La mayor incidencia de este tipo de sismos se tiene en los estados del lado del océano Pacífico, de Chiapas a la Península de Baja California.

En este rubro, el estado de Hidalgo no tiene registro de algún sismo de estas magnitudes en el periodo bajo análisis.




Fuente: Elaboración propia con información del Servicio Sismológico Nacional, en: http://www2.ssn.unam.mx:8080/sismos-fuertes/

***Figura IV.42. Sismos fuertes en México, ≥ a 5.5 entre 1900 y 1973 y ≥ 5.5 de 1974 al 31 de diciembre de 2024, de acuerdo con la base de datos del Servicio Sismológico Nacional.***

De 1990 a 2024, en el estado de Hidalgo se han registrado 832 eventos telúricos. De los eventos registrados en este periodo, 54.93% han sido de una magnitud menores a 2.9 º, 40.38% tuvieron una magnitud de entre 3.0 y 3.9 º y solo el 3.25% han tenido una magnitud entre 4.0 y 4.9 º (Tabla IV.24).

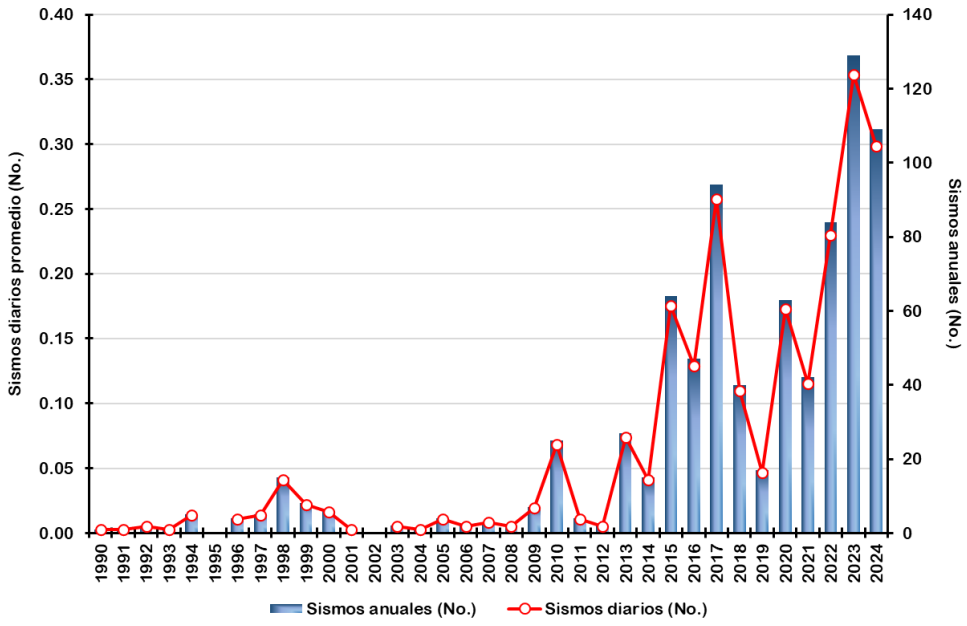
En los 35 años de análisis a la base de datos de sismos en el estado de Hidalgo, resulta que en dos años (1995 y 2002) no se registró ningún evento telúrico, en cinco años solo se registró un solo evento y en otros cinco años dos eventos, todos estos años con pocos sismos se tuvieron antes del 2012. A partir del 2013, se tiene un mayor número de sismos anuales, fluctuando entre 15 eventos, en el 2014, y 129, en el 2023, aunque de forma irregular (Figura IV.43).

*Tabla IV.24. Número de sismos, clasificados por magnitud, presentes en Hidalgo de 1990 a 2024 de acuerdo con la base de datos del Servicio Sismológico Nacional[§].*

| Año | Sismos anuales (No.) | Sismos diarios (No.) | Magnitud | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | < 2 º | 2 - 2.9 º | 3 - 3.9 º | 4 - 4.9 º |
| 1990 | 1 | 0.00 | --- | --- | 1 | --- |
| 1991 | 1 | 0.00 | --- | --- | 1 | --- |
| 1992 | 2 | 0.01 | --- | --- | --- | 2 |
| 1993 | 1 | 0.00 | --- | --- | 1 | --- |
| 1994 | 5 | 0.01 | --- | --- | 2 | 3 |
| 1995 | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 1996 | 4 | 0.01 | --- | --- | 2 | 2 |
| 1997 | 5 | 0.01 | --- | --- | 5 | --- |
| 1998 | 15 | 0.04 | --- | 2 | 12 | 1 |
| 1999 | 8 | 0.02 | --- | 1 | 7 | --- |
| 2000 | 6 | 0.02 | --- | --- | 5 | 1 |
| 2001 | 1 | 0.00 | --- | --- | 1 | --- |
| 2002 | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 2003 | 2 | 0.01 | --- | --- | 1 | 1 |
| 2004 | 1 | 0.00 | --- | 1 | --- | --- |
| 2005 | 4 | 0.01 | --- | --- | 3 | 1 |
| 2006 | 2 | 0.01 | --- | --- | 2 | --- |
| 2007 | 3 | 0.01 | --- | --- | 3 | --- |
| 2008 | 2 | 0.01 | --- | --- | 2 | --- |
| 2009 | 7 | 0.02 | --- | --- | 7 | --- |
| 2010 | 25 | 0.07 | --- | 3 | 20 | 2 |
| 2011 | 4 | 0.01 | --- | --- | 4 | --- |
| 2012 | 2 | 0.01 | --- | 1 | 1 | --- |
| 2013 | 27 | 0.07 | --- | 9 | 17 | 1 |
| 2014 | 15 | 0.04 | --- | --- | 7 | 8 |
| 2015 | 64 | 0.18 | 3 | 30 | 31 | --- |
| 2016 | 47 | 0.13 | 2 | 22 | 23 | --- |
| 2017 | 94 | 0.26 | 2 | 40 | 50 | 2 |
| 2018 | 40 | 0.11 | 1 | 14 | 25 | --- |
| 2019 | 17 | 0.05 | --- | 4 | 13 | --- |
| 2020 | 63 | 0.17 | --- | 21 | 40 | 2 |
| 2021 | 42 | 0.12 | 4 | 24 | 14 | --- |
| 2022 | 84 | 0.23 | 5 | 65 | 14 | --- |
| 2023 | 129 | 0.35 | 17 | 89 | 22 | 1 |

| Año | Sismos anuales (No.) | Sismos diarios (No.) | Magnitud | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | < 2 º | 2 - 2.9 º | 3 - 3.9 º | 4 - 4.9 º |
| 2024 | 109 | 0.30 | 20 | 77 | 12 | --- |
| **Suma** | **832** | **2.28** | **54** | **403** | **348** | **27** |
| **Máx** | **129** | **0.35** | **20** | **89** | **50** | **8** |
| **Mín** | **1** | **0.00** | **1** | **1** | **1** | **1** |

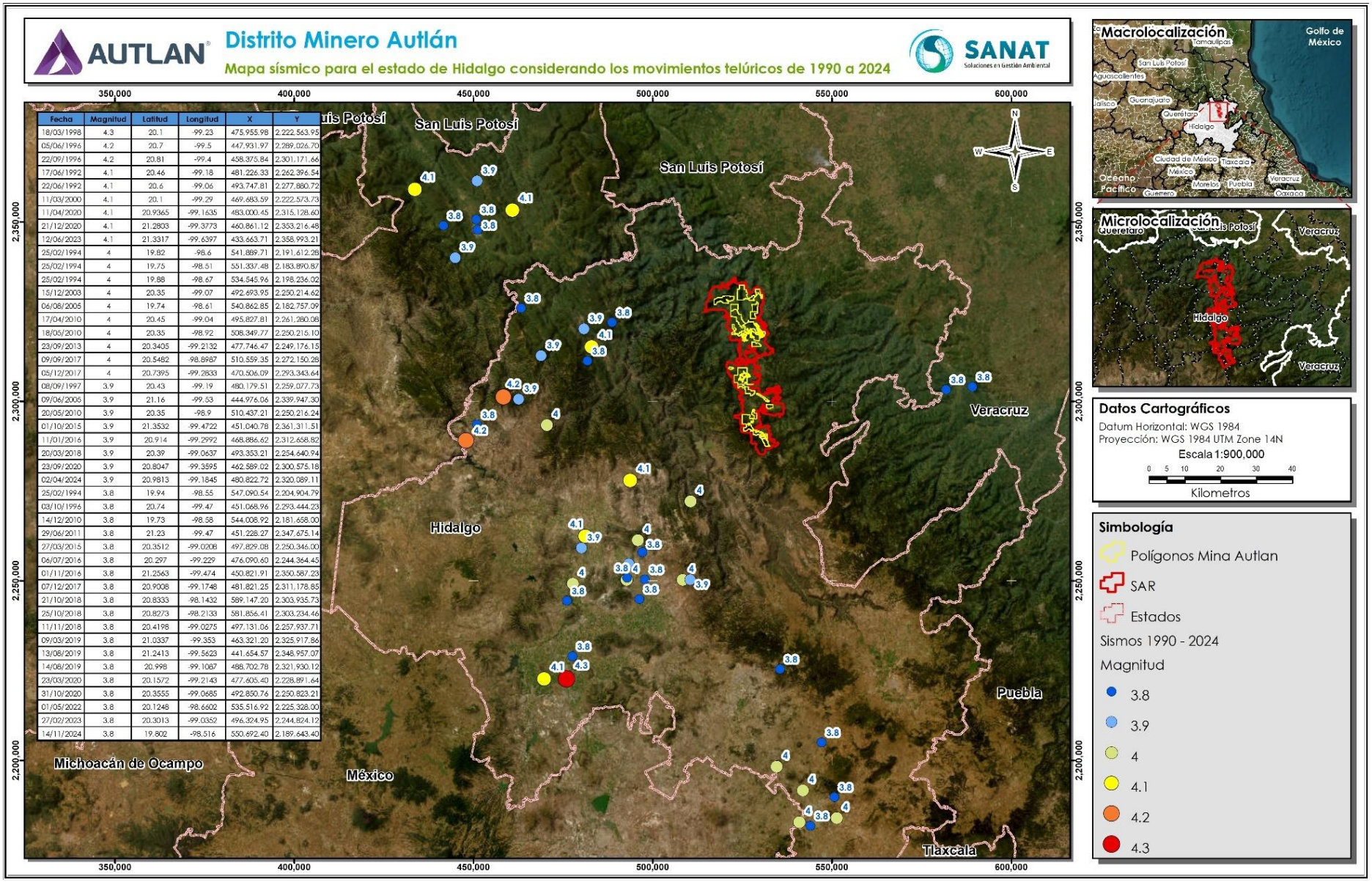
§ Fuente: Servicio Sismológico Nacional, en: http://www2.ssn.unam.mx:8080/estadisticas/




Fuente: Elaboración propia con información del Servicio Sismológico Nacional, en: http://www2.ssn.unam.mx:8080/estadisticas/

*Figura IV.43. Sismos totales anuales y promedios diarios presentes en el estado de Hidalgo de 1990 a 2024 de acuerdo con la base de datos del Servicio Sismológico Nacional.*

La Figura IV.44 representa el mapa sismológico de los estados de Hidalgo usando las coordenadas de los epicentros de los sismos referenciados al estado en el periodo de 1990 al 2024, incluyendo solo los sismos con una magnitud superior a los 3.8º. Como se puede ver en la imagen, la mayoría de los sismos tienen epicentros en la parte central, sur y noroeste del estado, la mayoría de ellos ubicados en la parte del estado que se ubica en la provincia fisiográfica Eje Neovolcánico.




| Fecha | Magnitud | Latitud | Longitud | X | Y |
|---|---|---|---|---|---|
| 18/03/1998 | 4.3 | 20.1 | -99.23 | 475.955.98 | 2.222.563.95 |
| 05/06/1996 | 4.2 | 20.7 | -99.5 | 447.931.97 | 2.289.026.70 |
| 22/09/1996 | 4.2 | 20.81 | -99.4 | 458.375.84 | 2.301.171.66 |
| 17/06/1992 | 4.1 | 20.46 | -99.18 | 481.226.33 | 2.262.396.54 |
| 22/06/1992 | 4.1 | 20.6 | -99.06 | 493.747.81 | 2.277.880.72 |
| 11/03/2000 | 4.1 | 20.1 | -99.29 | 469.683.59 | 2.222.573.73 |
| 11/04/2020 | 4.1 | 20.9365 | -99.1635 | 483.000.45 | 2.315.128.60 |
| 21/12/2020 | 4.1 | 21.2803 | -99.3773 | 460.861.12 | 2.353.216.48 |
| 12/06/2023 | 4.1 | 21.3317 | -99.6397 | 433.663.71 | 2.358.993.21 |
| 25/02/1994 | 4 | 19.82 | -98.6 | 541.869.71 | 2.191.612.28 |
| 25/02/1994 | 4 | 19.75 | -98.51 | 551.337.48 | 2.183.890.87 |
| 25/02/1994 | 4 | 19.88 | -98.67 | 534.545.96 | 2.198.236.02 |
| 15/12/2003 | 4 | 20.35 | -99.07 | 492.693.95 | 2.250.214.62 |
| 06/08/2005 | 4 | 19.74 | -98.61 | 540.862.85 | 2.182.757.09 |
| 17/04/2010 | 4 | 20.45 | -99.04 | 495.827.81 | 2.261.280.08 |
| 18/05/2010 | 4 | 20.35 | -98.92 | 508.349.77 | 2.250.215.10 |
| 23/09/2013 | 4 | 20.3405 | -99.2132 | 477.746.47 | 2.249.176.15 |
| 09/09/2017 | 4 | 20.5482 | -98.8987 | 510.559.35 | 2.272.150.28 |
| 05/12/2017 | 4 | 20.7395 | -99.2833 | 470.506.09 | 2.293.343.64 |
| 08/09/1997 | 3.9 | 20.43 | -99.19 | 480.179.51 | 2.259.077.73 |
| 09/06/2006 | 3.9 | 21.16 | -99.53 | 444.976.06 | 2.339.947.30 |
| 20/05/2010 | 3.9 | 20.35 | -98.9 | 510.437.21 | 2.250.216.24 |
| 01/10/2015 | 3.9 | 21.3532 | -99.4722 | 451.040.78 | 2.361.311.51 |
| 11/01/2016 | 3.9 | 20.914 | -99.2992 | 468.886.62 | 2.312.658.82 |
| 20/03/2018 | 3.9 | 20.39 | -99.0637 | 493.353.21 | 2.254.640.94 |
| 23/09/2020 | 3.9 | 20.8047 | -99.3595 | 462.589.02 | 2.300.575.18 |
| 02/04/2024 | 3.9 | 20.9813 | -99.1845 | 480.822.72 | 2.320.089.11 |
| 25/02/1994 | 3.8 | 19.94 | -98.55 | 547.090.54 | 2.204.904.79 |
| 03/10/1996 | 3.8 | 20.74 | -99.47 | 451.068.96 | 2.293.444.23 |
| 14/12/2010 | 3.8 | 19.73 | -98.58 | 544.008.92 | 2.181.658.00 |
| 29/06/2011 | 3.8 | 21.23 | -99.47 | 451.228.27 | 2.347.675.14 |
| 27/03/2015 | 3.8 | 20.3512 | -99.0208 | 497.829.08 | 2.250.346.00 |
| 06/07/2016 | 3.8 | 20.297 | -99.229 | 476.090.60 | 2.244.364.45 |
| 01/11/2016 | 3.8 | 21.2563 | -99.474 | 450.821.91 | 2.350.587.23 |
| 07/12/2017 | 3.8 | 20.9008 | -99.1748 | 481.821.25 | 2.311.178.85 |
| 21/10/2018 | 3.8 | 20.8333 | -98.1432 | 589.147.20 | 2.303.935.73 |
| 25/10/2018 | 3.8 | 20.8273 | -98.2133 | 581.856.41 | 2.303.234.46 |
| 11/11/2018 | 3.8 | 20.4198 | -99.0275 | 497.131.06 | 2.257.937.71 |
| 09/03/2019 | 3.8 | 21.0337 | -99.353 | 463.321.20 | 2.325.917.86 |
| 13/08/2019 | 3.8 | 21.2413 | -99.5623 | 441.654.57 | 2.348.957.07 |
| 14/08/2019 | 3.8 | 20.998 | -99.1087 | 486.702.78 | 2.321.930.12 |
| 23/03/2020 | 3.8 | 20.1572 | -99.2143 | 477.605.40 | 2.228.891.64 |
| 31/10/2020 | 3.8 | 20.3555 | -99.0685 | 492.850.76 | 2.250.823.21 |
| 01/05/2022 | 3.8 | 20.1248 | -98.6602 | 535.516.92 | 2.225.328.00 |
| 27/02/2023 | 3.8 | 20.3013 | -99.0352 | 496.324.95 | 2.244.824.12 |
| 14/11/2024 | 3.8 | 19.802 | -98.516 | 550.692.40 | 2.189.643.40 |

*Figura IV.44. Mapa sísmico para el estado de Hidalgo considerando los movimientos telúricos de 1990 a 2024 de magnitud ≥ 3.8.*

En total se contabilizaron 46 sismos ≥ a 3.8 º de magnitud con epicentros reportados en el estado de Hidalgo. De este total de sismos, ninguno de ellos tiene epicentro en alguno de los ocho municipios que participan en la conformación del polígono del SAR.

### IV.3.1.9. Suelos

Los suelos son un recurso natural muy importante en todos los ecosistemas ya que se trata de un componente que sustenta la vida en el planeta. Se considera un recurso natural no renovable frágil dado que sus procesos de formación y regeneración son mucho más lentos que los procesos que llevan a su pérdida y degradación cuando estos son alterados por la influencia de las actividades antropogénicas y naturales mismas (Ortiz, 2015). En este medio se tienen diversos procesos fundamentales para la vida de los macro y microorganismos, flora, fauna y el ser humano mismo. Sin embargo, su influencia en el medio depende mucho de sus propiedades físicas y químicas, las cuales varían dependiendo del material parental del cual se originaron, ubicación, y de los efectos de los procesos climáticos y de degradación (tanto naturales como antrópicos) bajo los cuales han sido sometidos a lo largo del tiempo. Con base en los estudios realizados para conocer sus características físicas y químicas y las diferencias encontradas, se empezaron a clasificar los suelos con la finalidad de uniformizar el conocimiento y homogeneizar los criterios para su caracterización y clasificación.

El suelo cumple una serie de funciones importantes en los ecosistemas, actuando como captador y filtrador de agua de lluvia, almacén de nutrientes para las plantas y macro y microorganismos del suelo, banco de semillas, anclaje para las plantas, refugio de fauna silvestre, neutraliza y retiene sustancias tóxicas, fija gases de efecto invernadero, entre otras. Pero, no podemos dejar de mencionar una que en los últimos años ha cobrado relevancia, siendo esta la de funcionar como almacén de carbono (solo superado por los mares y océanos).

El suelo es un cuerpo natural tridimensional, organizado e independiente, formado a partir de la intemperización de rocas y sedimentos; por la interacción del clima, la biota, el relieve y el tiempo (Jenny, 1994). En su constitución se diferencian cuatro componentes: materia mineral, materia orgánica (MO), agua y aire. En un suelo superficial de textura franca y en condiciones ideales para el crecimiento de las plantas, la proporción que deberían de guardar sus componentes es de 45-5-25-25%, en el orden anteriormente citado.

En los minerales se distinguen tres partículas importantes: arenas, limos y arcillas. La MO se distingue entre viva (biota) y no viva (biomasa). Por otro lado, la fase líquida se compone principalmente por el agua que entra y se conserva en el suelo. Y, por último, la fase gaseosa que se compone, principalmente, de vapor de agua, dióxido de carbono ($CO_2$), oxígeno ($O_2$) y algunos elementos que tienen una fase gaseosa como el nitrógeno ($NO_x$).

La interacción de los componentes del suelo antes mencionados le confiere una serie de propiedades y características propias. De esta manera, se distinguen propiedades físicas y químicas del suelo, las cuales no se mantienen constantes, variando por diversas causas antropogénicas y ambientales.

#### IV.3.1.9.1. Identificación de los tipos de suelo presentes a nivel del SAR del proyecto

Para determinar los diferentes tipos de suelos presentes en el SAR delimitado para el proyecto se utilizó el conjunto de datos vectoriales edafológicos escala 1: 250,000 Serie II (Continuo Nacional) editados por el INEGI, la cual contiene información actualizada de los diferentes grupos de suelos que existen en el territorio nacional, obtenida

durante el período 2002-2006, utilizando para la clasificación de los suelos el Sistema Internacional "Base Referencial Mundial del Recurso Suelo".

Para la extracción de la información a nivel del SAR se generó un Sistema de Información Geográfica (SIG), ya que el diseño conceptual de la información la hace apropiada para manejarse bajo estas herramientas de cartografía asistida por computadora. De esta manera, se obtuvo la espacialidad y los tipos de suelo presentes en el SAR.

De acuerdo con Reyes (2014), la primera clasificación moderna de suelo consideró tres niveles: a) las zonas climáticas (suelos zonales); b) los procesos particulares formadores (suelos intrazonales) y, c) basados en el material parental (suelos azonales). Diversos países han generado su propia clasificación de suelo, sin embargo, la clasificación de la FAO-UNESCO es una de las más conocidas y usadas a nivel mundial. Esta clasificación originalmente comprendía 26 grupos de suelos y 206 subunidades; pero con el paso del tiempo y la realización de nuevos estudios y resultados, éstos se han venido incrementando hasta los 32 grupos de suelos de referencia que se consideran hoy en día (Reyes, 2014).

En México, es en el periodo del presidente Díaz Ordaz que se inicia con la clasificación de suelos y la elaboración de la cartografía, utilizando la clasificación de los suelos propuesto por la FAO-UNESCO modificada por la Comisión de Estudios del Territorio Nacional (CETENAL) (Xix, 2010). Después de varios trabajos y esfuerzos de dependencias federales es que se llega hasta la actual cartografía elaborada por el INEGI, quien continúo con los estudios edafológicos del país.

Tomando en cuenta los resultados obtenidos por el INEGI, con base al análisis de 9,549 perfiles de suelo y 10,892 realizados de 1969 al 2000, en el país se ha documentado la presencia de 23 de los 32 grupos de suelos. De estos, los más abundantes son: Leptosoles (antes Litosoles) (28.3%), Regosoles (13.7%), Feozems (11.7%), Calcisoles (10.4%), Luvisoles (9.0%), Vertisoles (8.6%) y otros (14.0%).

Usando la cartografía de edafología escala 1:100,000 del INEGI, a nivel del SAR se reporta la presencia de 18 unidades edafológicas, donde predominan cuatro grupos de suelos como grupos primario: Leptosol, Luvisol, Feozem y Umbrisol. Estos cuatro grupos de suelos se asocian y componen en suelos secundarios y terciarios; además, existen dos áreas que no logran clasificación edafológica por no aplicar como son los cuerpos de agua y las zonas urbanas (Tabla IV.25; Figura IV.45).

Como grupos primarios de suelo, los leptosoles es el grupo de suelos que tiene mayor representación con 27,407.36 ha de las 38,998.68 ha del SAR, es decir, el 70.28% del polígono. En segundo lugar, se ubica el grupo de suelo de los luvisoles, presentes en el 21.04% del SAR, seguido por los feozems con el 7.68%. Finalmente, el Umbrisol léptico solo se encuentra presente en 328.87 ha, el 0.84% del área.

***Tabla IV.25. Grupos de suelos presentes en el polígono del SAR definido para el proyecto.***

| Clave de suelo | Descripción clave | Dominante | Textura | Superficie (ha) | Proporción (%) |
|---|---|---|---|---|---|
| Cuerpo de agua | Cuerpo de agua | --- | --- | 24.85 | 0.06 |
| LPdy+LVcr+LPli/3 | Leptosol dístrico + Luvisol crómico + Leptosol lítico. | Leptosol | Arcillo | 1,566.30 | 4.02 |

| Clave de suelo | Descripción clave | Dominante | Textura | Superficie (ha) | Proporción (%) |
|---|---|---|---|---|---|
| LPdyli+LPdyrz+LVcrdy/2 | Leptosol dístrico lítico + Leptosol dístrico rendzico + Luvisol crómico dístrico. | Leptosol | Franco | 1,424.79 | 3.65 |
| LPdyli+LPhurz+LVcr/2 | Leptosol dístrico lítico + Leptosol húmico + Luvisol crómico dístrico. | Leptosol | Franco | 455.28 | 1.17 |
| LPdyli+PHha+LVcrdy/2 | Leptosol dístrico lítico + Feozems háplico + Luvisol crómico dístrico. | Leptosol | Franco | 6,708.73 | 17.20 |
| LPhuli+LPhurz+LVcr/2 | Leptosol húmico lítico + Leptosol húmico réndzico + Luvisol crómico. | Leptosol | Franco | 3,563.20 | 9.14 |
| LPhuli+PHcrhu+LVcrhu/2 | Leptosol húmico lítico + Feozems crómico húmico + Luvisol crómico húmico. | Leptosol | Franco | 3,724.85 | 9.55 |
| LPli+LVlep+ACha/2 | Leptosol lítico + Luvisol léptico + Acrisol háplico. | Leptosol | Franco | 9,575.51 | 24.55 |
| LPrz+LVcr+LPli/3 | Leptosol réndzico + Luvisol crómico + Leptosol lítico. | Leptosol | Arcilloso | 388.69 | 1.00 |
| LVcrdy+CMcrdy/3 | Luvisol crómico dístrico + Cambisol crómico districo. | Luvisol | Arcilloso | 20.28 | 0.05 |
| LVcrlep+CMlep+LPdyli/3 | Luvisol crómico léptico + Cambisol léptico + Leptosol dístrico lítico. | Luvisol | Arcilloso | 1,056.73 | 2.71 |
| LVro+CMeuro+LPli/2 | Luvisol sódico + Cambisol éutrico ródico + Leptosol lítico. | Luvisol | Franco | 6,262.56 | 16.06 |
| LVvrlen+CMhuvr+LPcali/3R | Luvisol vértico léptico + Cambisol húmico v´dertico + Leptosol calcárico lítico. | Luvisol | Arcilloso | 9.58 | 0.02 |
| LVvrlen+LPcali/3 | Luvisol vértico léntico + Leptosol calcárico lítico. | Luvisol | Arcilloso | 856.16 | 2.20 |
| PHcalep+LPrz+RGcalep/2 | Feozems calcárico léptico + Leptosol réndzico + Regosol calcárico léptico. | Feozems | Franco | 438.46 | 1.12 |
| PHhulep+LPhu+RGhulep/2 | Feozems húmico léptico + Leptosol húmico + Regosol húmico léptico. | Feozems | Franco | 1,373.47 | 3.52 |
| PHlep+LPrz+RGca/2 | Feozems léptico + Leptosol réndzico + Regosol calcárico. | Feozems | Franco | 45.99 | 0.12 |
| PHlep+RGca+LPdyrz/2 | Feozems léptico + Regosol calcárico + Leptosol dístrico réndzico. | Feozems | Franco | 1,136.75 | 2.91 |
| UMlep+LVcr+LPli/3 | Umbrisol léptico + Luvisol crómico + Leptosol lítico. | Umbrisol | Arcilloso | 328.87 | 0.84 |
| ZU | Zona urbana | --- | --- | 37.61 | 0.10 |
| | | | **Total** | **38,998.68** | **100.00** |

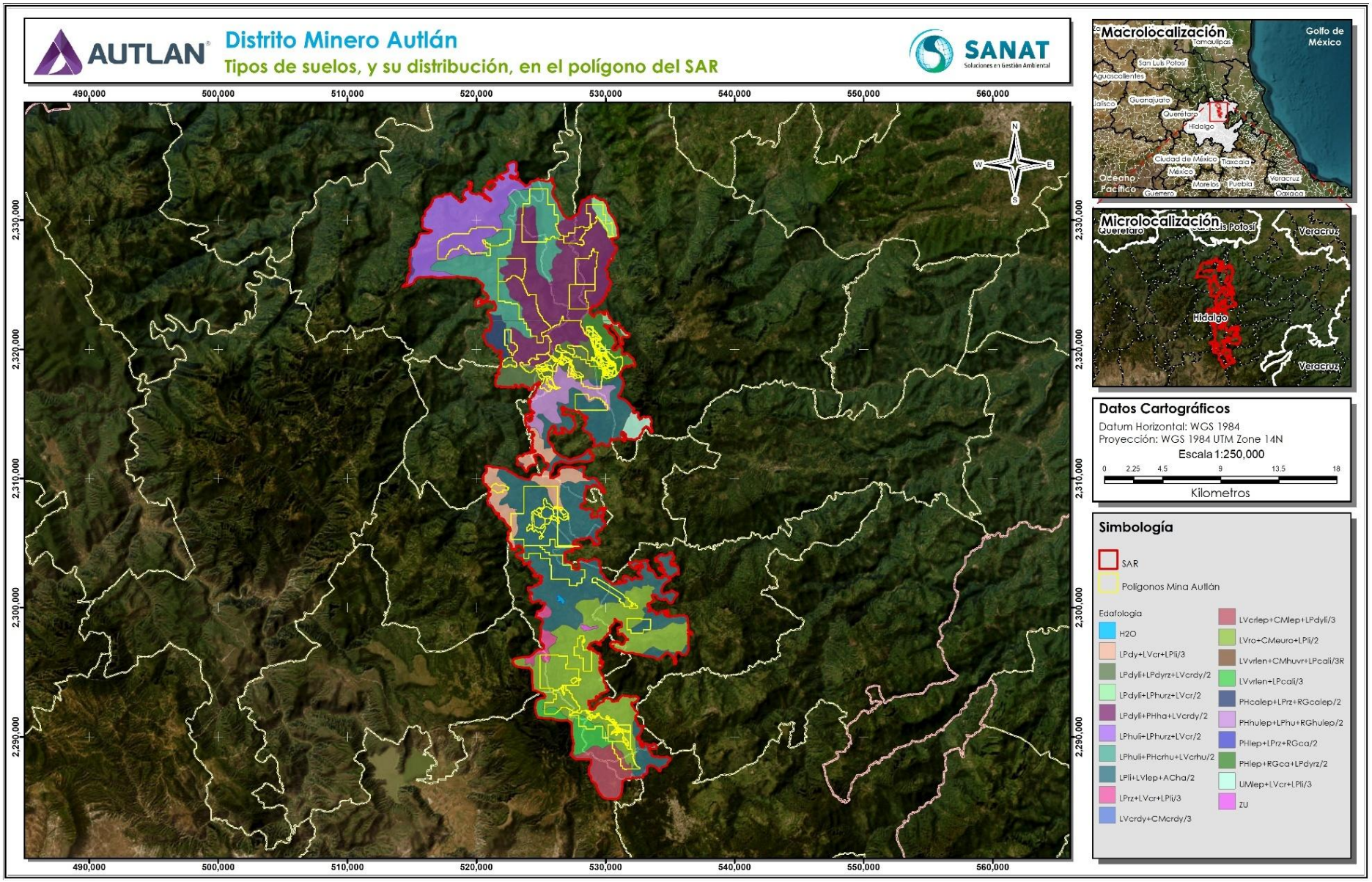



*Figura IV.45. Tipos de suelos, y su distribución, en el polígono del SAR definido para el desarrollo del proyecto.*

A continuación, se presenta una breve descripción de este suelo conforme lo presenta el IUSS Working Group WRB (2015) y el INEGI en su Guía para la interpretación de cartografía de edafología.

**Leptosoles** (**Litosoles**) (del griego leptos, delgado) y **Rendzina**. Son suelos muy delgados sobre roca continua o de materiales no consolidados con menos del 20% (en volumen) de tierra fina, extremadamente ricos en fragmentos gruesos (Figura IV.46). La roca continua en la superficie se considera no-suelo en muchos sistemas de clasificación de suelos. Los Leptosoles incluyen a los Lithosols del Mapa de Suelos del Mundo (FAO-UNESCO, 1971-1981), subgrupos Lithic del orden Entisol (Estados Unidos de América), Leptic Rudosols o Tenosols (Australia), y Petrozems y Litozems (Rusia). En muchos sistemas nacionales y en el Mapa de Suelos del Mundo, los Leptosols sobre rocas calizas pertenecen a las Rendzinas y sobre otras rocas a los Rankers.

Los Leptosoles es el grupo de suelos más extenso sobre la tierra, con una superficie alrededor de 1,655 millones de ha. Se encuentran desde los trópicos hasta las regiones polares y desde el nivel del mar hasta las montañas más altas. Son más comunes en regiones montañosas, en todas las zonas climáticas (muchos de ellos en zonas secas cálidas o frías), particularmente en áreas intensamente erosionadas en terrenos de elevada o mediana altitud y con fuerte pendiente topográfica.

Este grupo de suelos son un recurso potencial para el pastoreo en temporada húmeda y como terrenos forestales. La erosión es la mayor amenaza en las áreas de Leptosoles, en particular en regiones de montaña en zonas templadas donde la presión del crecimiento de la población (turismo), la sobreexplotación y el aumento de la contaminación del medio ambiente conducen al deterioro de los bosques. Los Leptosoles en pendientes de colinas son generalmente más fértiles que sus homólogos en terrenos llanos. Uno o unos pocos cultivos podrían ser desarrollados en dichas pendientes, pero a costa de una severa erosión.

Las pendientes pronunciadas con suelos someros y pedregosos pueden ser transformadas en suelos de cultivo mediante la creación de terrazas, la remoción de piedras a mano y el uso de éstas como frente de terrazas. La agroforestación (una combinación o rotación de cultivos herbáceos y árboles bajo un estricto control) parece prometedora, pero está todavía en una etapa experimental. El drenaje interno excesivo y la poca profundidad de muchos Leptosoles, 10 cm en promedio pueden causar falta de agua para las plantas, incluso en ambientes húmedos.

En los Leptosoles predominan cuatro calificadores primarios: Dístrico, lítico, húmico y réndzico. Estos calificadores reflejan propiedades particulares del suelo que influyen fuertemente en la funcionalidad del suelo.

En suelo con dístrico es pobre en calcio, magnesio y potasio, en la mayor parte del perfil del suelo. Su pH se caracteriza por ser ácido y están húmedos la mayor parte del año (INEGI, 2015). Un suelo clasificado como húmico se caracteriza por ser rico en carbono orgánico, 1% en promedio o más en los primeros 50 cm de profundidad. Generalmente son suelos oscuros (INEGI,2015).

Un suelo con calificador primario lítico es representado por un suelo con roca dura y continua a menos de 10 cm de profundidad (INEGI,2015). Y, un suelo tipo réndzico se trata de un suelo con un horizonte mólico que está encima de una capa rica en carbonato de calcio.

Los suelos Leptosoles identificados se caracterizan por ser de textura media, lo que significa que son suelos arenosos francos, es decir que mantienen un equilibrio en su contenido de arena, arcilla y limo; así como de clase textural

arcillosa, que se trata de suelos con más de 35% de arcilla, que tienen mal drenaje, escasa porosidad, duros al secarse, se inundan fácilmente y son menos favorables para el laboreo.



*Figura IV.46. Características distintivas de Leptosoles, suelos someros y pedregosos, con presencia de rocas en la parte superficial como los horizontes del suelo.*

**Luvisoles** (del latín *eluere*, lavar): Suelos constituidos por una amplia variedad de materiales no consolidados incluyendo tillglaciar y depósitos eólicos, aluviales y coluviales. Tienen una diferenciación edafogenética de arcilla (especialmente migración de arcilla) entre una capa superior con un menor contenido y una capa subsuperficial con un mayor contenido de arcilla, arcillas de alta actividad y saturación de bases en alguna profundidad.

El grupo de los Luvisoles se extiende más de 500-600 millones de hectáreas a nivel mundial, principalmente en regiones templadas tales como la llanura del este europeo, partes de la llanura de Siberia Occidental, el noreste de los Estados Unidos de América y Europa Central, pero también en la región mediterránea y el sur de Australia. En las regiones tropicales y subtropicales, los Luvisoles aparecen principalmente sobre superficies geomorfológicas jóvenes.

La mayoría de los Luvisoles son suelos fértiles y adecuados para una amplia gama de usos agrícolas. Luvisoles con alto contenido de limo son susceptibles a un deterioro de la estructura con las labores de labranza en húmedo o cuando se utiliza maquinaria pesada. Estos suelos en pendientes pronunciadas requieren medidas de control de la erosión. En algunos lugares, la densidad del suelo subsuperficial propicia temporalmente *condiciones reductoras* con propiedades *stágnicas*.

Los Luvisoles en la zona templada están ampliamente usados con cultivos de grano pequeño, remolacha azucarera y forraje; en zonas con pendiente se utilizan para huertos, bosques y/o pastoreo. En la región mediterránea donde los Luvisoles son comunes (muchos con el calificador Chromic, Calcic o Vertic) en depósitos coluviales de meteorización de calizas, las laderas más bajas están ampliamente cultivadas con trigo, mientras que las laderas superiores, frecuentemente erosionadas, son usadas para pastoreo extensivo o cultivos arbóreos.

En los Luvisoles predominan tres calificadores primarios: Crómico, sódico y vértico. Los suelos crómicos tienen una capa de color rojo con un espesor mayor a 30 cm (INEGI,2015).

Los suelos sódicos tienen una elevada concentración de sodio o magnesio en los primeros 50 cm. La concentración es 15% o más de sodio, o al menos 50% de sodio y magnesio a la vez (INEGI, 2015). Y, los suelos vérticos tienen más de 30% de arcilla expandible, abundantes y amplias grietas cuando están secos y son fértiles.

**Feozem** (del griego *phaios*, oscuro, y ruso *zemlja*, tierra): Se caracterizan por ser suelos que provienen de varios materiales no consolidados, con un horizonte superficial rico en materia orgánica y alto porcentaje de saturación de bases. Se asocian a regiones con un clima suficientemente húmedo para que exista lavado, pero con una estación seca. El clima puede ir de cálido a frío y van de la zona templada a las tierras altas tropicales. El relieve es llano o suavemente ondulado y la vegetación de matorral tipo estepa o de bosque.

Son suelos porosos, fértiles y son excelentes tierras agrícolas. Se usan para la producción de algodón, cereales, cebada y vegetales junto con otros cultivos y, grandes áreas ganaderas de este tipo de suelo se usan para la producción pecuaria. Se consideran susceptibles a la erosión eólica e hídrica.

El polígono del SAR se tiene suelos Feozem calcárico, con clase textural franca. Esto implica que se trata de suelos con más de 2% de carbonato de calcio y están equilibrados en el contenido de arena, arcilla y limo.

Además del calificador primario calcárico, se tienen los calificadores húmico y léptico de textura franca (INEGI,2015). Como ya se mencionó arriba, los suelos húmicos son ricos en carbono orgánico, 1% en promedio o más en los primeros 50 cm de profundidad y son de color oscuro. Y, por otro lado, los suelo lépticos tienen roca dura y continua, difíciles de excavar manualmente en el primer metro del perfil del suelo.

**Umbrisoles** (del latín *umbra*, sombra): Este tipo de suelos se caracterizan por ser de color oscuro y ácidos en la parte superior del perfil. Se encuentran preferentemente en climas húmedos y subhúmedos y áreas montañosas y en llanuras costeras. Debido a la pobre cohesión de sus partículas, son susceptibles a los procesos de erosión cuando se quedan sin cobertura vegetal. En México no cuentan con amplia distribución, considerándose más bien suelos de escasa distribución.

Los Umbrisoles de la región son tipo léptico, es decir, que tienen roca dura y continua antes del primer metro de profundidad. La presencia de roca y su dureza lo hace imposible de excavar a mano.

#### IV.3.1.9.2. Degradación del suelo

Considerando las propiedades físicas y químicas que caracterizan los suelos descritos en el apartado anterior, así como la relevancia que este tiene como parte de los ecosistemas, falta mencionar que también es un elemento frágil del medio ambiente al que pocas veces se le da la relevancia que este merece. El suelo es considerado un recurso natural no renovable derivado de que su velocidad de formación y regeneración es muy lenta mientras que los procesos que contribuyen a su degradación, deterioro y destrucción son mucho más rápidos, muchos de ellos favorecidos y acelerados por las actividades humanas. Por lo que es de suma importancia establecer medidas ambientales y políticas de actuación que garanticen la conservación y protección de los suelos contra los procesos de degradación.

Los procesos de degradación del suelo implican no solo la pérdida de nutrientes o alteración de sus propiedades físicas, sino que también implican la pérdida del suelo. Estos procesos se pueden dar de manera natural a través del tiempo, pero se aceleran bajo la intervención de las obras y actividades humanas.

La degradación del suelo implica la pérdida de la productividad, actual o potencial, de su utilidad como resultado de factores naturales (clima, vegetación, material parental e hidrología), o antropogénicos (densidad de población, uso de la tierra, desarrollo de carreteras, cauces de agua y complejos industriales). Esta degradación se refiere a la disminución de la capacidad inherente del suelo para producir bienes económicos y realizar funciones ecológicas, así como otros problemas socioeconómicos que en conjunto contribuyen a que el nivel de vida de la población rural sea muy bajo.

Oldeman et al. (1991), Tetteh (2015) y Dragovic y Vulevic (2020), presentaron un listado de los procesos de degradación de suelo y la forma en que se manifiestan y sus causas y consecuencias, las cuales se presentan a continuación:

a. Degradación química.

   i. Pérdida de nutrientes y materia orgánica.
   ii. Salinización.
      - Malas prácticas de irrigación.
      - Uso de agua con intrusión salina.
      - Rápida evaporación en suelos bajo irrigación.
   iii. Acidificación.
      - Aplicación de grandes dosis de fertilizantes acidificantes.
   iv. Contaminación.
      - Acumulación de desperdicios industriales y urbanos.
      - Uso excesivo de pesticidas.
      - Acidificación por contaminantes en el aire.
      - Uso excesivo de abonos orgánicos (heces).
      - Derrames de aceites (hidrocarburos).

b. Deterioro físico.
   - Compactación, sellado y encostramiento.
   - Encharcamientos.

c. Erosión eólica.
   - Pérdida de la capa superficial del suelo.
   - Deformación del suelo por deposiciones.
   - Efectos fuera de sitio.

d. Erosión hídrica.
   - Pérdida de la capa superior del suelo.
   - Definición del terreno (movimiento de masas).
   - Efectos fuera de sitio.

A parte de estos procesos de degradación del suelo, Bolaños et al. (2016) definieron otros que engloban en las denominadas “zonas de exclusión”, que son aquellas áreas con evidencia visible de erosión pero que no se puede

asociar a alguno de los procesos arriba mencionados. Estas zonas de exclusión se forman por cuatro diferentes procesos, en el que destaca el denominado por los autores mencionados como “rasgos de erosión antrópica dominante”, que está asociado a la formación de asentamientos humanos, con superficie de suelo removida para la construcción de zonas urbanas, bancos de material a cielo abierto o con remoción de material para la construcción de infraestructura de bienes y servicios asociados a los asentamientos humando. Inclusive, los asentamientos humanos llegan a ser considerados como zonas de erosión extrema debido a que la mayor parte del suelo superficial ha sido removido por obras de construcción o ha sido sepultado bajo una capa de concreto y pavimento.

No todos los procesos actúan al mismo tiempo ni en el mismo nivel de severidad, ello depende de las condiciones del suelo, el manejo que se dé, severidad de las obras o actividades y cuidados que se tengan para la protección del suelo. Suelos que no han sido sometidos a manejo por largos periodos de tiempo están menos expuestos a sufrir intensos procesos de degradación.

El caso de las áreas en las que se actuaría para la realización de las actividades mineras, y de su infraestructura de apoyo, se trata de áreas que caen dentro de la clasificación de áreas de exclusión y áreas con degradación química por contaminación. Se trata de áreas que fueron habilitadas con obras de apoyo y de servicio para las actividades mineras, además de encontrarse cercana a áreas con infraestructura de bienes y servicios asociados, como vías de comunicación, así como de zonas urbanizadas (Figura IV.47). Además, como parte de la ejecución de las actividades antes mencionadas, se ha generado degradación química por la contaminación que ocasiona por la dispersión puntual de residuos de origen industrial y urbanos.








***Figura IV.47. Procesos de cambio de uso de suelo para dar paso a los asentamientos humanos, construcción de infraestructura de servicio y desarrollo de actividades agropecuarias en la región del SAR y área de las actividades mineras.***

Debido a la importancia económica, política y social de la degradación del suelo, en México, como en el mundo, se han realizado diversos estudios para evaluar la magnitud de la superficie afectada. En el 2002, la SEMARNAT comisionó la realización de la *Evaluación de la Pérdida de Suelo por Erosión Hídrica y Eólica en la República Mexicana* con objeto de identificar los riesgos de erosión y su magnitud en el país. Para estimar la erosión potencial se utilizaron dos ecuaciones propuestas por la FAO: la ecuación universal de pérdida de suelo revisada (RUSLE, por sus siglas en inglés), para la erosión hídrica y la ecuación de erosión eólica (WEE, por sus siglas en inglés).

De acuerdo con la información publicada por la SEMARNAT (ver: https://apps1.semarnat.gob.mx:445/dgeia/informe_resumen14/03_suelos/3_1.html), los principales procesos causales de la degradación de los suelos en México son la degradación química, la erosión hídrica y la eólica, responsables en conjunto del 87.36% de la superficie afectada con 34.0, 22.7 y 18.1 millones de hectáreas, en el orden antes mencionado (Tabla IV.26).

La erosión hídrica ocurre por el desprendimiento de las partículas del suelo bajo la acción del agua, dejándolo desprotegido y alterando su capacidad de infiltración, lo que propicia el escurrimiento superficial. Este tipo de erosión presenta dos modalidades, la primera con pérdida de la capa superficial, que ocurre cuando el agua fluye en forma más o menos homogénea por una zona, arrastrando la capa superior del suelo –que es la que contiene más nutrientes y materia orgánica-, reduciendo así su fertilidad. La segunda se presenta cuando el flujo del agua se concentra en un cauce donde la erosión es más rápida, de modo que va abriendo una zanja cada vez más profunda, conocida como “cárcava”, en cuyo caso se dice que hay deformación del terreno.

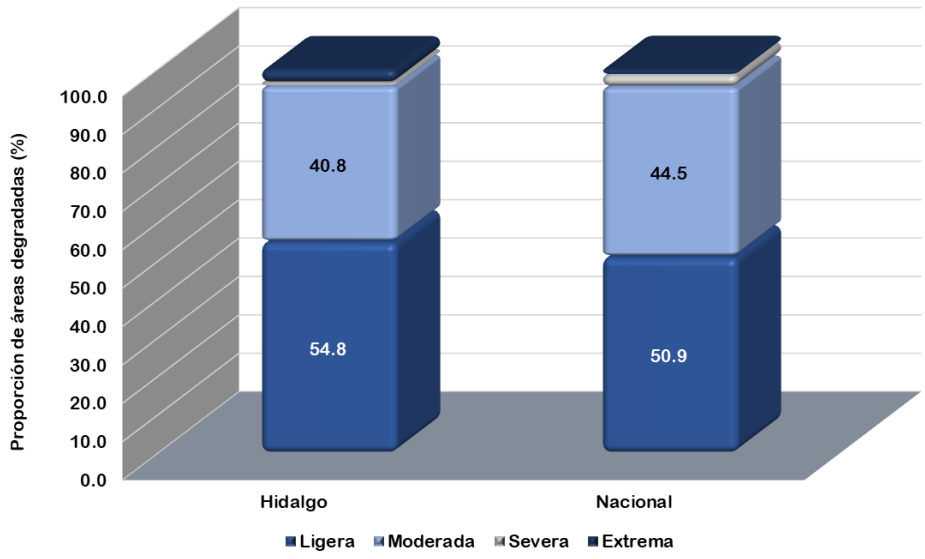
En el estado de Hidalgo, también la degradación química resultó ser la que abarca mayor superficie de afectación, manifestándose este problema en 554,149.25 ha de las 2’065,455 ha totales del estado, es decir, en el 26.83% de la superficie estatal, siendo originada por la declinación de la fertilidad y reducción del contenido de materia orgánica debido a las actividades agrícolas. En segundo lugar, se encuentra la degradación por erosión hídrica, cubriendo el 6.37% de la superficie estatal, esta debido a las actividades agrícolas que ocasiona la pérdida de suelo superficial. La degradación del suelo ocasionada por la erosión eólica cubre solo el 5.41% del estado y la degradación física el 3.82%, esta última manifestada por la compactación del suelo debido al sobrepastoreo de las actividades ganaderas.

*Tabla IV.26. Superficie de suelo degradada por procesos físicos, químicos, eólicos e hídricos a nivel nacional y en el estado de Hidalgo para el año 2002§.*

| Proceso de degradación | Entidad | Superficie afectada por grado de degradación (ha) | | | | Superficie total (ha) | Territorio afectado (%) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Ligera | Moderada | Severa | Extrema | | |
| Física | Hidalgo | 42,107.34 | 2,686.08 | 2,873.20 | 31,159.68 | 78,826.30 | 3.82 |
| | Nacional | 6’720,653.26 | 2’334,128.14 | 587,169.83 | 1’195,862.53 | 1’0837,813.75 | 5.55 |
| Química | Hidalgo | 345,800.24 | 208,349.01 | 0.00 | 0.00 | 554,149.25 | 26.83 |
| | Nacional | 18’714,153.29 | 14’717,411.25 | 558,352.39 | 52,599.70 | 34’042,553.79 | 17.43 |
| Erosión eólica | Hidalgo | 31,166.38 | 80,527.39 | 0.00 | 0.00 | 111,693.77 | 5.41 |
| | Nacional | 5’343,601.19 | 12’086,147.09 | 682,846.89 | 12,265.68 | 18’124,860.84 | 9.28 |
| Erosión hídrica | Hidalgo | 60,850.70 | 65,992.36 | 4,763.97 | 0.00 | 131,607.03 | 6.37 |
| | Nacional | 12’822,753.21 | 9’026,390.07 | 838,052.82 | 38,472.89 | 22’725,706.16 | 11.63 |

§ Información obtenida de la página web: http://apps1.semarnat.gob.mx/dgeia/informe_resumen14/03_suelos/3_2.html.

La degradación clasificada como ligera es la que predomina a nivel nacional y en estado de Hidalgo sobre los otros grados de degradación, con el 50.9% de la superficie afectada a nivel nacional y el 54.8% en el estado de Hidalgo (Figura IV.48). A esta le sigue la degradación moderada, con proporciones del 44.5% de la superficie con degradación a nivel nacional y el 40.8% a nivel estatal. Las superficies con degradación severa y extrema estuvieron entre el 0.9% y el 3.6% de las superficies de las dos entidades.




Fuente: Elaboración propia con información de la SEMARNAT (2002), en: http://apps1.semarnat.gob.mx/dgeia/informe_resumen14/03_suelos/3_2.html.

*Figura IV.48. Proporción de superficie degradada por tipo a nivel nacional y en el estado de Querétaro.*

El SAR definido para el proyecto presenta problemas de degradación del suelo en un 32.16% del polígono (Figura IV.49). De los cuatro tipos de degradación del suelo, solo se tiene la degradación física por compactación en grado ligero, ocasionada por el sobrepastoreo. El área con este tipo de degradación física del suelo se concentra principalmente en la parte central del polígono, en el área de influencia de la Unidad Minera Naopa, además de una pequeña superficie al sureste del SAR.

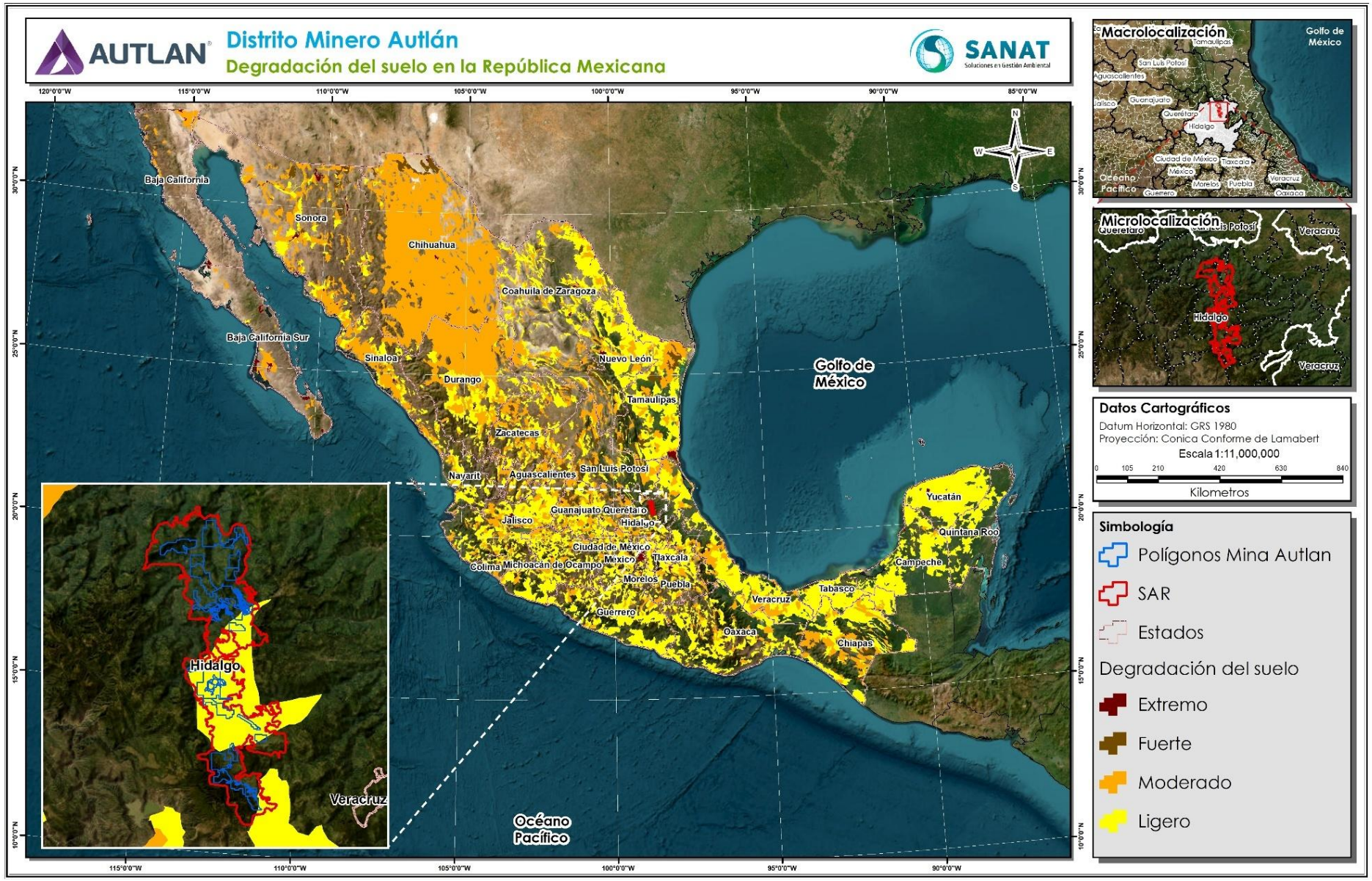



*Figura IV.49. Áreas con procesos de degradación dentro de la poligonal del sistema ambiental regional definido para el desarrollo del proyecto.*

### IV.3.1.9.3. Determinación de pérdida de suelo por erosión hídrica en el SAR

La pérdida de suelo por erosión hídrica deriva en un grave problema medioambiental a nivel global ya que contribuye intensamente a la pérdida de productividad y biodiversidad de los suelos en todo el planeta. Los territorios mexicanos debido al relieve, climatología y tipos y manejo de suelos se ven, en su mayoría, afectados por este proceso. En el presente apartado se analiza mediante la implementación de la ecuación RUSLE, en un SIG, los niveles de erosión potencial en nuestra área de estudio. Para este ejercicio se tomó como base el trabajo realizado por Martínez (2005), Montes-León et al. (2011), así como el publicado por Bolaños et al. (2016).

De acuerdo con Renard et al. (1997), la ecuación RUSLE puede ser usada apropiadamente para:

- Predecir la pérdida de suelo promedio a largo plazo de condiciones de campo específicas, usando un sistema específico de manejo.
- Predecir la erosión en sistemas agropecuarios y sitios en construcción.

Con el modelo, la pérdida de suelo es estimada considerando la cantidad de sedimentos perdidos en el perfil que son arrastrados por la escorrentía. El perfil del paisaje es definido por una longitud de la pendiente, es decir del origen del flujo superficial hasta el punto donde el flujo alcanza una mayor concentración o área de deposición como en las pendientes cóncavas y cerca de los límites del terreno.

La ecuación universal de pérdida de suelo revisada, ampliamente conocida como ecuación RUSLE, tiene la siguiente expresión matemática (Renard et al., 1997):

$$A= R*K*LS*C*P$$

Donde:

A = Pérdida de suelo promedio anual en (t $ha^{-1}$ $año^{-1}$).

R = Erosividad de las lluvias en (MJ ha*$mm^{-1}$ $h^{-1}$).

K = Erodabilidad del suelo en (t $ha^{-1}$ MJ*$ha^{-1}$ mm*$h^{-1}$).

LS= Topografía (función de longitud-inclinación-forma de la pendiente, adimensional).

C = Ordenación de los cultivos (cubierta vegetal, adimensional).

P = Prácticas de conservación de suelos (prácticas agropecuarias, adimensional).

No existe información específica sobre el grado de erosión a nivel del SAR, sin embargo, la información con la que se cuenta sobre los tipos de suelo, pendiente y precipitación media anual fueron incorporadas como variables para realizar en esta MIA-R, un modelo con base en la ecuación RUSLE representadas gráficamente en un SIG.

El método para determinar la pérdida de suelo requirió de la preparación de cuatro mapas intermedios (uno por cada factor) que se mencionan a continuación, mismos que fueron multiplicados mediante el SIG para obtener un mapa final de las áreas potenciales con riesgo de erosión hídrica.

- Factor R: Mapa de erosividad de las lluvias.
- Factor K: Mapa de erodabilidad del suelo.

- Factor LS: Mapa topográfico.
- Factor C: Mapa de uso de suelo y vegetación.

Considerando que no se identificó la implementación de prácticas de conservación durante los recorridos por el SAR, no se consideró la unidad para el factor P dentro de la ecuación RUSLE al momento de hacer la estimación de la pérdida de suelo.

a. Erosividad de las lluvias (R)

Es el potencial erosivo de la lluvia que afecta el proceso de erosión del suelo. La erosión por gotas de lluvia incrementa con la intensidad de la lluvia. Una suave y prolongada lluvia puede tener la misma energía total que una lluvia de corta duración y más intensa. La erosividad se puede estimar utilizando la precipitación media anual de la región bajo estudio.

Normalmente este factor es determinado con los datos de lluvia, es decir, se obtiene la intensidad máxima de lluvia en treinta minutos consecutivos (I30) y se determina la energía cinética asociada (EC). El producto de ambas es la erosividad de la lluvia. Debido a la carencia de información relativa a la intensidad en periodos de tiempo tan cortos, se optó por la metodología descrita a continuación.

Para estimar este factor de la ecuación a nivel nacional, el territorio se dividió en 14 regiones con base en el comportamiento de la precipitación anual (Figura IV.50). Estas regiones están asociadas a un número de región, mismas que cuentan con una ecuación cuadrática única y específica para estimar el valor R (Tabla IV.27).




Fuente: Martínez (2005).

***Figura IV.50. Mapa del territorio nacional para la estimación por regiones de la erosividad por efecto de las lluvias.***

*Tabla IV.27. Ecuaciones para estimar la erosividad de la lluvia en las diferentes regiones del país[§].*

| Región | Ecuación | $R^2$ |
|---|---|---|
| I | $R = 1.2078P + 0.002276P^2$ | 0.92 |
| II | $R = 3.4555P + 0.006470P^2$ | 0.93 |
| III | $R = 3.6752P - 0.001720P^2$ | 0.94 |
| IV | $R = 2.8559P + 0.002983P^2$ | 0.92 |
| V | $R = 3.4880P - 0.00088P^2$ | 0.94 |
| VI | $R = 6.6847P + 0.001680P^2$ | 0.90 |
| VII | $R = -0.0334P + 0.006661P^2$ | 0.98 |
| VIII | $R = 1.9967P + 0.003270P^2$ | 0.98 |
| IX | $R = 7.0458P - 0.002096P^2$ | 0.97 |
| X | $R = 6.8938P + 0.000442P^2$ | 0.95 |
| XI | $R = 3.7745P + 0.004540P^2$ | 0.98 |
| XII | $R = 2.4619P + 0.006067P^2$ | 0.96 |
| XIII | $R = 10.7427P - 0.00108P^2$ | 0.97 |
| XIV | $R = 1.5005P + 0.002640P^2$ | 0.95 |

[§] Fuente: Martínez (2005).

b. Erodabilidad del suelo (K)

Este factor hace referencia al grado de susceptibilidad o resistencia de un horizonte específico del suelo a la erosión. Este factor representa el valor promedio integral anual de la pérdida de suelo en respuesta a procesos de erosión e hidrológicos, entre los que destaca: el desprendimiento y transporte por el impacto de las gotas de lluvia y el escurrimiento superficial; la depositación localizada debida a la topografía natural e inducida por las operaciones de labranza; y la infiltración del agua en el perfil del suelo (Montes - León *et al.,* 2011).

La susceptibilidad de los suelos a erosionarse depende del tamaño de las partículas, contenido de materia orgánica, estructura del suelo en especial del tamaño de los agregados y de la permeabilidad.

Considerando las propiedades antes mencionadas, la FAO (1980) presentó los factores para estimar la erodabilidad por tipo de suelo y textura. La Tabla IV.28 contiene los factores definidos por la FAO para los tipos de suelo presentes en el SAR del proyecto, para las diferentes texturas, a manera de ejemplo.

Para la determinación de este factor fue empleada la información edafológica más reciente del Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática (INEGI): Conjunto de Datos Vectorial Edafológico, Escala 1:250,000, Serie VII (Continuo Nacional), que contiene información actualizada durante el periodo 2002-2006 (INEGI, 2007). Se emplea la clasificación de suelos del WRB (World Reference Base for Soil Resources), reporte número 84 (FAO, 2006), publicado por la Sociedad Internacional de las Ciencias del Suelo (SICS), del Centro Internacional de Referencia e Información de Suelos (ISRIC por sus siglas en inglés) y de la FAO, en Roma, Italia, en el año 1999; posteriormente es adaptado por el INEGI, para las condiciones ambientales de México (Montes - León *et al*., 2011).

*Tabla IV.28. Factor K de acuerdo el tipo de unidad de suelo y su textura[§].*

| Unidades y subunidades de suelo | | Textura | | |
|---|---|---|---|---|
| **Símbolo** | **Nombre** | **Gruesa** | **Media** | **Fina** |
| A | Acrisol | 0.026 | 0.040 | 0.013 |
| Af | Acrisol férrico | 0.013 | 0.020 | 0.007 |
| Ag | Acrisol gleyico | 0.026 | 0.030 | 0.013 |
| Ah | Acrisol húmico | 0.013 | 0.020 | 0.007 |
| Ao | Acrisol órtico | 0.026 | 0.040 | 0.013 |
| Ap | Acrisol plíntico | 0.053 | 0.079 | 0.026 |
| B | Cambisol | 0.026 | 0.040 | 0.013 |
| B (c, d, e, f) | Cambisol crómico, districo, eutrico, cálcico | 0.026 | 0.040 | 0.013 |
| Bf | Cambisol férrico | 0.013 | 0.020 | 0.007 |
| Bg | Cambisol gleyico | 0.026 | 0.040 | 0.013 |
| Bh | Cambisol húmico | 0.013 | 0.020 | 0.007 |
| Bk | Cambisol cálcico | 0.026 | 0.040 | 0.013 |
| B (v, x) | Cambisol vértico, xerico | 0.053 | 0.079 | 0.026 |
| C (h, k, l) | Chernozem (haplico, cálcico y luvico) | 0.013 | 0.020 | 0.007 |
| D (d, g, e) | Podzoluvisol (districo, gleyico, eutrico) | 0.053 | 0.079 | 0.026 |
| E | Rendzina | 0.013 | 0.020 | 0.007 |
| F (a, h, p, o) | Ferrasol (acrico, húmico, plintico, ocrico) | 0.013 | 0.020 | 0.007 |
| G | Gleysol | 0.026 | 0.040 | 0.013 |
| Gc | Gleysol calcárico | 0.013 | 0.020 | 0.007 |
| G (d, e) | Gleysol dístrico, éutrico | 0.026 | 0.040 | 0.013 |
| G (h, m) | Gleysol húmico, mólico | 0.013 | 0.020 | 0.007 |
| G (p, x) | Gleysol plíntico, gélico | 0.053 | 0.079 | 0.026 |
| Gv | Gleysol vértico | 0.053 | 0.079 | 0.026 |
| H (c, g, h, l) | Feozem calcárico, gléyico, háplico, lúvico | 0.013 | 0.020 | 0.007 |
| I | Leptosol (Litosol) | 0.013 | 0.020 | 0.007 |
| J | Fluvisol | 0.026 | 0.040 | 0.013 |
| Jc | Fluvisol calcárico | 0.013 | 0.020 | 0.007 |
| Jd | Fluvisol dístrico | 0.026 | 0.040 | 0.013 |
| Je | Fluvisol éutrico | 0.026 | 0.040 | 0.013 |
| Jt | Fluvisol tiónico | 0.053 | 0.079 | 0.026 |
| Jp | Fluvisol plintico | 0.053 | 0.079 | 0.026 |
| K (h, k, l) | Kastañosem (húmico, cálcico, lúvico) | 0.026 | 0.040 | 0.013 |
| L | Luvisol | 0.026 | 0.040 | 0.013 |

| Unidades y subunidades de suelo | | Textura | | |
|---|---|---|---|---|
| **Símbolo** | **Nombre** | **Gruesa** | **Media** | **Fina** |
| La | Luvisol álbico | 0.053 | 0.079 | 0.026 |
| Lc | Luvisol crómico | 0.026 | 0.040 | 0.013 |
| Lf | Luvisol férrico | 0.013 | 0.020 | 0.007 |
| Lg | Luvisol gléyico | 0.026 | 0.040 | 0.013 |
| Lk | Luvisol cálcico | 0.026 | 0.040 | 0.013 |
| Lo | Luvisol órtico | 0.026 | 0.040 | 0.013 |
| Lp | Luvisol plintico | 0.053 | 0.079 | 0.026 |
| Lv | Luvisol vértico | 0.053 | 0.079 | 0.026 |
| M (a, g) | Greysem (ácrico, gléyico) | 0.026 | 0.040 | 0.013 |
| N (d, e, h) | Nitosol (dístrico, éutrico, húmico) | 0.013 | 0.020 | 0.007 |
| O (d, e, x) | Histosol (dístrico, éutrico, gélico) | 0.013 | 0.020 | 0.007 |
| P | Podzol | 0.053 | 0.079 | 0.026 |
| Pf | Podzol férrico | 0.053 | 0.079 | 0.026 |
| Pg | Podzol gléyico | 0.053 | 0.079 | 0.026 |
| Ph | Podzol húmico | 0.026 | 0.040 | 0.013 |
| Po | Podzol órtico | 0.053 | 0.079 | 0.026 |
| Pp | Podzol plácido | 0.053 | 0.079 | 0.026 |
| Q (a, c, f, l) | Arenoso (álbico, cámbico, ferrálico, lúvico) | 0.013 | 0.020 | 0.007 |
| R | Regosol | 0.026 | 0.040 | 0.013 |
| Re | Regosol eútrico | 0.026 | 0.040 | 0.013 |
| Rc | Regosol calcárico | 0.013 | 0.020 | 0.007 |
| Rd | Regosol dístrico | 0.026 | 0.040 | 0.013 |
| Rx | Regosol gélico | 0.053 | 0.079 | 0.026 |
| S | Solonetz | 0.053 | 0.079 | 0.026 |
| Sg | Solonetz gléyico | 0.053 | 0.079 | 0.026 |
| Sm | Solonetz mólico | 0.026 | 0.040 | 0.013 |
| So | Solonetz órtico | 0.053 | 0.079 | 0.026 |
| T | Andosol | 0.026 | 0.040 | 0.013 |
| Th | Andosol húmico | 0.013 | 0.079 | 0.007 |
| Tm | Andosol mólico | 0.013 | 0.040 | 0.007 |
| To | Andosol ócrico | 0.026 | 0.020 | 0.013 |
| Tv | Andosol vítrico | 0.026 | 0.020 | 0.013 |
| U | Ranker | 0.013 | 0.040 | 0.007 |
| V (c, p) | Vertisol (crómico, pélico) | 0.053 | 0.040 | 0.026 |
| W | Planosol | 0.053 | 0.020 | 0.026 |
| Wd | Planosol dístrico | 0.053 | 0.079 | 0.026 |

| Unidades y subunidades de suelo | | Textura | | |
|---|---|---|---|---|
| **Símbolo** | **Nombre** | **Gruesa** | **Media** | **Fina** |
| We | Planosol éutrico | 0.053 | 0.079 | 0.026 |
| Wh | Planosol húmico | 0.026 | 0.040 | 0.013 |
| Wm | Planosol mólico | 0.026 | 0.040 | 0.013 |
| Wx | Planosol gélico | 0.053 | 0.079 | 0.026 |
| X (k, h, l, g) | Xerosol (cálcico, háplico, lúvico, gypsico) | 0.053 | 0.079 | 0.026 |
| Y (h, k, l, g, t) | Yermosol (háplico, cálcico, lúvico, gípsico, takírico) | 0.053 | 0.079 | 0.026 |
| Z | Solonchak | 0.053 | 0.040 | 0.013 |
| Zg | Solonchak gléyico | 0.026 | 0.040 | 0.013 |
| Zm | Solonchak mólico | 0.013 | 0.020 | 0.007 |
| Zo | Solonchak órtico | 0.026 | 0.040 | 0.013 |
| Zt | Solonchak takírico | 0.053 | 0.079 | 0.026 |

§ Fuente: FAO (1980).

c. Mapa topográfico (LS)

El factor L es definido como la distancia del punto de origen del flujo superficial al punto donde la pendiente decrece hasta que ocurre sedimentación o el escurrimiento entra a una red de drenaje o a un canal construido. El factor S indica el grado de inclinación de la pendiente. La pérdida de suelo aumenta más rápidamente con la inclinación que con la longitud (Wischmeier y Smith, 1978).

Este factor representa el efecto de la topografía sobre la erosión del suelo. La erosión aumenta conforme se incrementa la longitud del terreno (L) en el sentido de la pendiente y a medida que la inclinación de la superficie (S) se hace mayor (Figueroa et al., 1991). Los dos efectos se evalúan en campo por separado y son considerados en la RUSLE también en forma separada como L y S, aunque se recomienda considerarla como un solo factor LS.

Cuando se utilizan los SIG's para evaluar la erosión de los suelos a escala de cuenca, se ha tenido dificultades para obtener el valor del factor topográfico LS, en particular al atender la definición del factor L, por lo que se han hecho esfuerzos para calcularlo con algoritmos de programación y el uso de modelos digitales de elevación (MDE), aunque en la mayoría de los casos se ha optado por la aplicación directa de las funciones antes mencionadas para el cálculo de LS en MDE manejado en un SIG.

Para generar los cálculos de estos 2 parámetros en este estudio se utilizó una propuesta dada para ingresar a la calculadora raster del álgebra de mapas en ArcMap, en la cual se consideran los siguientes cálculos:

Para el factor L:

$$L = \left(\frac{\lambda}{22.13}\right)^{m} \qquad m = \frac{F}{(1+F)} \qquad F = \frac{\sin\beta/0.0896}{3(\sin\beta)^{0.8}+0.56}$$

Donde:
λ = Es la longitud de la pendiente (m).
m = Es el exponente de la longitud de la pendiente.
β = Es el ángulo de la pendiente.

Para el factor S:

El ángulo β se toma como el ángulo medio a todos los subgrids en la dirección de mayor pendiente (McCool et al., citado por Barrios y Quiñonez, 2000).

$$S_{(i,j)} = \begin{cases} 10{,}8 \sin \beta_{(i,j)} + 0{,}03 & \tan \beta_{(i,j)} < 0{,}09 \\ 16{,}8 \sin \beta_{(i,j)} - 0{,}5 & \tan \beta_{(i,j)} \geq 0{,}09 \end{cases}$$

d. Mapa de uso de suelo y vegetación (C)

El factor C es usado para reflejar el efecto del uso de suelo y prácticas de manejo en las tasas de erosión. Este factor mide cómo el potencial de pérdida de suelo será distribuido en el tiempo durante la construcción de actividades, rotación de cultivos y otros esquemas de manejo.

La cobertura del suelo es el factor más importante en el control de la erosión hídrica. La cubierta vegetal, comprende a la vegetación (natural o cultivada) y los residuos de cosecha. Tiene efectos benéficos en la reducción de las pérdidas de suelo ya que le brinda protección contra la acción de los agentes erosivos.

Una cubierta vegetal abundante reduce la erosión a límites aceptables. La eficiencia de la vegetación para reducir la erosión depende de la altura y la continuidad de la cubierta vegetal aérea. De la densidad de la cobertura en el suelo y de la densidad de raíces; los bosques son los más efectivos, aunque un pastizal en buenas condiciones puede tener la misma eficiencia. Los efectos de la vegetación varían de acuerdo con el suelo y el clima, así como a la estación de crecimiento de las plantas, clase de raíces, características del follaje, tipo de residuo que originan y grado de maduración.

El factor C se calcula tomando en cuenta valores del uso de suelo y tipos de vegetación. La Tabla IV.29 contiene los factores a considerar para los usos de suelo y tipos de vegetación presentes en el SAR definido para el desarrollo del proyecto.

***Tabla IV.29. Valores asignados para estimar el factor C en la ecuación RUSLE de para los usos de suelo y tipos de vegetación presentes en el SAR del proyecto.***

| Uso de suelo y tipo de vegetación | Factor C |
|---|---|
| | |
| Agricultura de riego anual y permanente | 0.55 |
| Agricultura de riego permanente | 0.55 |
| Agricultura de riego semipermanente y permanente | 0.55 |
| Agricultura de temporal permanente | 0.75 |
| Asentamientos humanos | 0.005 |
| Cuerpo de agua | 1.0 |
| Desprovisto de vegetación | 0.70 |
| Pastizal inducido | 0.75 |
| Bosque de encino, pino, pino-encino, encino-pino | 0.11 |
| Selva mediana subcaducifolia | 0.45 |
| Vegetación secundaria arbórea de selva mediana subcaducifolia | 0.45 |

| Uso de suelo y tipo de vegetación | Factor C |
|---|---|
| Vegetación secundaria arbustiva de selva baja caducifolia | 0.50 |
| Vegetación secundaria arbustiva de selva mediana subcaducifolia | 0.45 |
| Zona urbana | 0.005 |

a. Prácticas de conservación de suelos (P)

Este factor refiere a la tasa de pérdida de suelo con una práctica específica con respecto a la pérdida de suelo que se tiene con la implementación común de una práctica de laboreo combinado, es decir, barbechando a favor y contra pendiente.

Las prácticas que se toman en cuentan son aquellas que ayudan a reducir el efecto directo del agua en la pérdida de suelo, ya sea por el impacto directo de la lluvia como por la escorrentía que se tiene durante una precipitación. Entre las prácticas que se llegan a considerar están el surcado en contorno, cultivo en franjas, terraceo y construcción de obras de drenajes superficiales.

Durante los recorridos de campo realizados en el SAR, no se identificó la implementación de alguna de estas prácticas de conservación de suelos de manera común o de algunas otras. Por lo que, durante el análisis realizado para estimar la pérdida de suelo se consideró la unidad como valor para estimar el factor P.

b. Erosión potencial (A)

Finalmente, mediante una multiplicación de los cuatro mapas resultantes (factores R, K, LS y C) en el álgebra de mapas, se obtiene una representación gráfica de las áreas de mayor presión por erosión hídrica en el sistema.

Para el mapa de erosión hídrica se utilizaron cuatro rangos para clasificar el grado de pérdida de suelo, los cuales van desde una pérdida de suelo muy baja, menos de 10 t $ha^{-1}$ $a^{-1}$, a extrema, más de 250 t $ha^{-1}$ $a^{-1}$ (Tabla IV.30). Esta escala de clasificación de la pérdida de suelo es una modificación que se hizo a la presentada por Montes–León et al. (2011). Esta consistió en fraccionar la que ellos denominaron como baja (pérdida de suelo menor a 50 t $ha^{-1}$ $a^{-1}$), en las clasificaciones baja (pérdida de suelo entre 10 y 50 t $ha^{-1}$ $a^{-1}$) y muy baja (pérdida de suelo menor a 10 t $ha^{-1}$ $a^{-1}$).

***Tabla IV.30. Clasificación de los rangos de erosión hídrica, aplicando la ecuación RUSLE, para la interpretación de los mapas[§].***

| Clasificación | Rango de pérdida de suelo (t $ha^{-1}$ $año^{-1}$) |
|---|---|
| | |
| Muy baja | El rango equivale a una pérdida de suelo de menos de 10. |
| Baja | El rango equivale a una pérdida de suelo entre 10 y 50. |
| Media | El rango equivale a una pérdida de suelo entre 50 y 100. |
| Alta | El rango equivale a una pérdida de suelo entre 100 y 200. |
| Muy alta | El rango equivale a una pérdida de suelo entre > 200. |

[§] Clasificación de pérdida de suelo modificada de Montes-León et al. (2011).

A) Determinación de la pérdida de suelo por erosión hídrica en el SAR

A través de la aplicación de la metodología descrita anteriormente, se elaboraron los mapas para la estimación de cada uno de los factores de la ecuación RUSLE (Figura IV.51). Y, finalmente, mediante una multiplicación de los cuatro mapas resultantes, y a través de aplicación de aritmética de mapas en un sistema GIS, se obtuvo una representación gráfica que expresa la erosión hídrica potencial en el área bajo estudio (Figura IV.52).

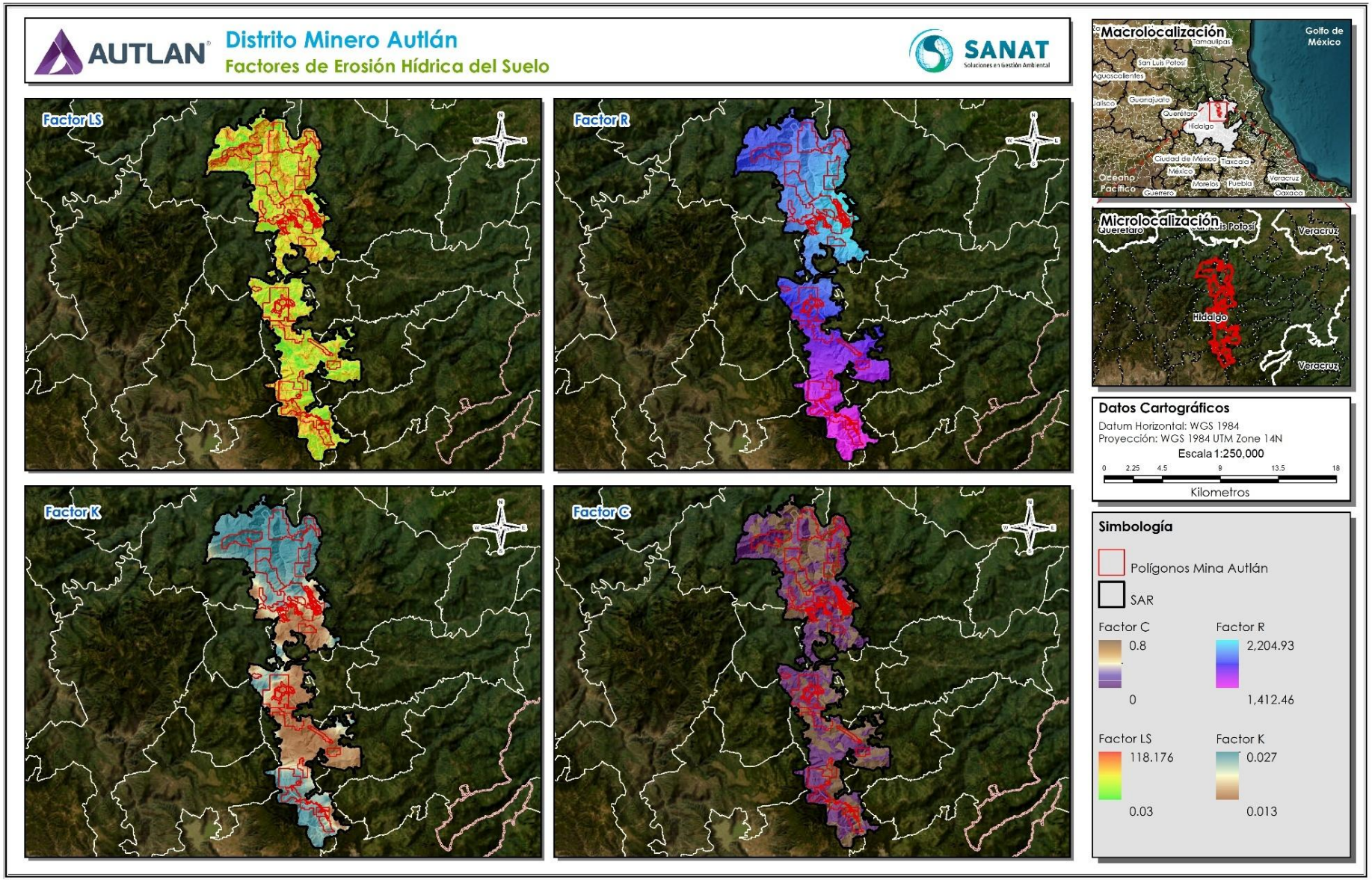



*Figura IV.51. Mapas para los factores generados con la herramienta "Análisis de Erosión Hídrica" para estimar la erosión potencial en el SAR del proyecto.*

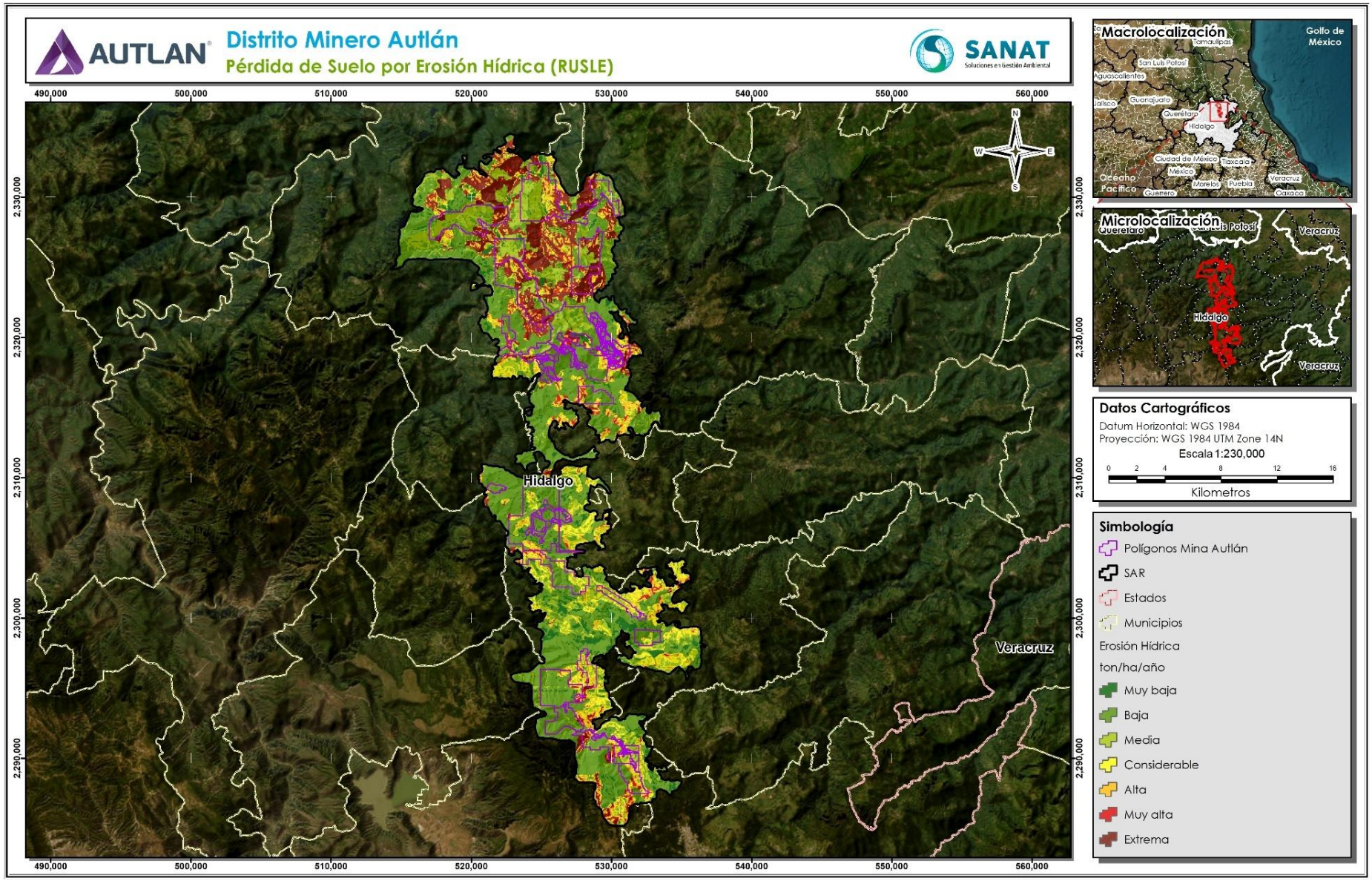



*Figura IV.52. Mapa de la pérdida de suelo hídrica potencial en el SAR del proyecto.*

La estimación de la pérdida de suelo por efectos hídricos en el SAR realizada arrojó que la erosión hídrica potencial dominante en el área delimitada es la pérdida de suelo hídrica de <10 y hasta < 50 t $ha^{-1}$ $a^{-1}$, lo que se considera como de muy baja y baja pérdida de suelo por erosión hídrica (Tabla IV.31). Sin embargo, también resultaron áreas con potencial de pérdida de suelo superior a los 250 t $ha^{-1}$ $a^{-1}$, siendo muy puntuales.

Las zonas con mayor potencial de pérdida de suelo se encuentran en la parte norte del polígono del SAR y pequeñas áreas, muy específicas en el límite sur del SAR. Los factores que mayormente están influyendo en el potencial erosivo del suelo en esas áreas está relacionado con el tipo de cobertura y erosividad del suelo.

Las áreas de mayor potencial de pérdida hídrica del suelo están relacionadas con el tipo de uso de suelo, ya que se trata de áreas que son usadas para las actividades agrícolas y pecuarias, lo que las lleva a tener una cobertura vegetal deficiente que no ayuda a mitigar el impacto de la precipitación en la época de lluvia. Además, son áreas en las que predomina el tipo de suelo Leptosol, de clase textural franca, que son cohesión de partículas del suelo media.

Las áreas con bajo y muy bajo potencial de pérdida de suelo coinciden con área con cobertura vegetal primaria y vegetación secundaria arbustiva de bosque mesófilo de montaña.

En la poligonal, el resultado de la estimación de la pérdida de suelo en el área del SAR arrojó que el 53.00% de las 38,998.68 ha del SAR tiene un potencial muy bajo y bajo de pérdida hídrica del suelo, es decir menos de 50 t $ha^{-1}$ $año^{-1}$ (Tabla IV.31). Este resultado puede estar soportado por la gran cobertura vegetal forestal del suelo, donde el 56.63% del SAR cuenta con cobertura de vegetación primaria y secundaria. Mientras que, solo el 14.9% del polígono del SAR tiene un potencial de pérdida del suelo muy alta y extrema, es decir, superior a 200 t $ha^{-1}$ de pérdida de suelo anuales.

***Tabla IV.31. Clasificación de la superficie del SAR con base a su potencial de pérdida de suelo estimado mediante la aplicación de la ecuación RUSLE.***

| Clasificación | Rango de pérdida de suelo (t $ha^{-1}$ $año^{-1}$) | Superficie del SAR (ha) | Proporción (%) |
|---|---|---|---|
| Muy baja | < 10 | 1,943.24 | 5.0 |
| Baja | 10 - 50 | 18,727.88 | 48.0 |
| Media | 50 - 100 | 6,127.14 | 15.7 |
| Considerable | 100 - 150 | 3,712.98 | 9.5 |
| Alta | 150 - 200 | 2,692.68 | 6.9 |
| Muy alta | 200 - 250 | 1,760.59 | 4.5 |
| Extrema | > 250 | 4,034.16 | 10.3 |
| **Total** | **---** | **38,998.68** | **100** |

### IV.3.1.10. Hidrología

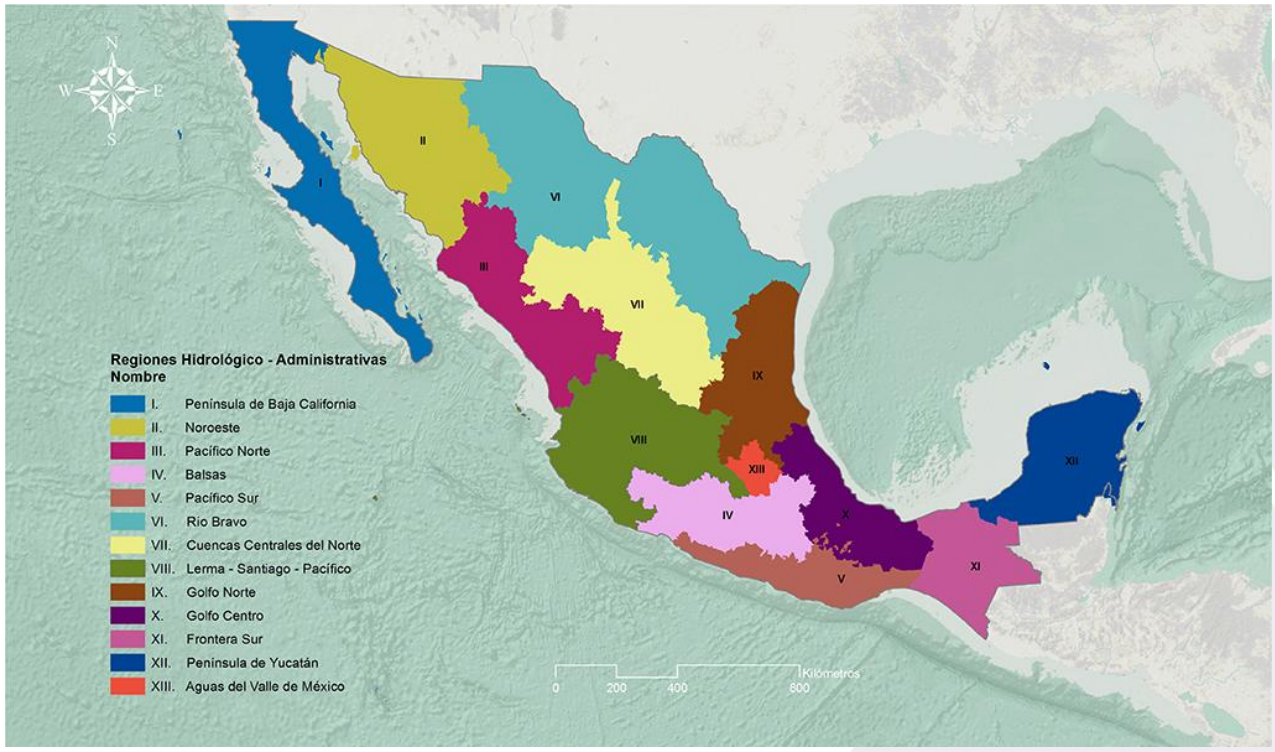
La hidrología como tal es una ciencia esencial en ingeniería del agua, la cual comprende una gran variedad de temas que engloban los diversos estadios del agua en el ciclo hidrológico, tanto en la atmósfera, superficie y suelo (García-Marín et al., 2014). Por lo que, dado la amplitud del tema y objetivos del presente documento, en este apartado se expone la información relacionada con el estado que guardan las aguas nacionales terrestres en el SAR del proyecto,

enmarcando la situación del componente en referencias generales a nivel nacional y estatal cuando se considera importante.

Para conocer el estado que guardan las aguas nacionales es importante conocer la forma como son administradas. En este tenor tenemos que, el 16 de enero de 1989 se publicó en el Diario Oficial de la Federación el decreto por el que se crea la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA), en aquel entonces como órgano desconcentrado de la SARH, actualmente como órgano administrativo desconcentrado de la SEMARNAT. Esta dependencia tiene como función general administrar, normar y gestionar las aguas nacionales y sus bienes públicos inherentes.

Para desempeñar sus actividades, la CONAGUA dividió al país en 13 regiones, conocidas como Regiones Hidrológico-Administrativas (RHA) (Figura IV.53). Estas regiones se delimitaron tomando en cuenta las regiones hidrológicas, considerando las cuencas hidrológicas como la unidad básica para la gestión del agua y, la división terrestre municipal como la unidad jurídico - administrativa.

El 01 de abril de 2010, se publicó en el Diario Oficial de la Federación el "Acuerdo por el que se determina la circunscripción territorial de los organismos de Cuenca de la Comisión Nacional del Agua", en el cual se mencionan los estados y municipios que conforman cada una de las RHA en las quedó dividido el país. De acuerdo con esta división, el estado de Hidalgo se encuentra formando parte de tres RHA: XIII Aguas del Valle de México, donde se encuentran 39 de los 84 municipios del estado; X Golfo Centro, donde se ubican cinco municipios, y, IX Golfo Norte, donde se encuentran 40 municipios del estado. El área donde se ubica el SAR se encuentra en la RHA IX Golfo Norte.



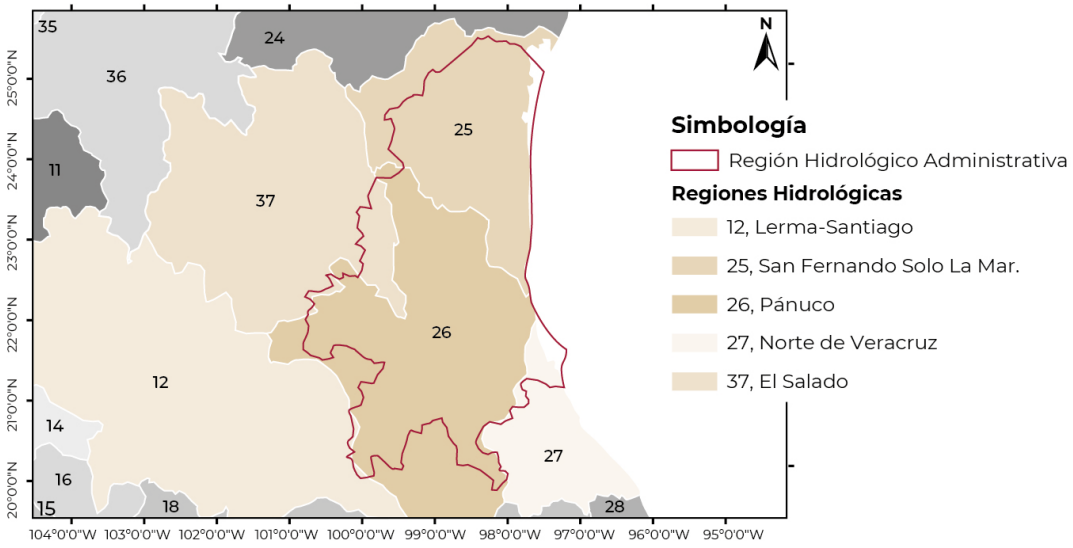

Fuente: Tomado de SEMARNAT, en: https://gisviewer.semarnat.gob.mx/aplicaciones/Atlas2015/agua_RHA.html

***Figura IV.53. Regiones Hidrológico-Administrativas en las que está dividido el territorio nacional.***

La RHA IX Golfo Norte colinda al norte con la RHA VI Río Bravo, al oeste con las RHA VII Cuencas Centrales del Norte y VIII Lerma – Santiago – Pacífico, al sur con la RHA XIII Aguas del Valle de México, al sureste con la RHA X Golfo Centro y al este con el golfo de México. Esta RHA tiene una superficie de 125,971.70 km$^2$ de 148 municipios: 33 de Tamaulipas, dos de Guanajuato, 14 de Querétaro, 36 de San Luis Potosí, 23 de Veracruz y 40 del estado de Hidalgo.

Los 40 municipios del estado de Hidalgo que están dentro esta RHA suman 11,695.53 km$^2$, lo que representa ser el 9.28% de la superficie total de la RHA, solo por debajo de la superficie de los estados de Tamaulipas y San Luis Potosí que implican el 49.87% y 21.47%, respectivamente.

La RHA Golfo Norte abarca áreas de cuatro regiones hidrológicas, la mayoría de las superficies de las regiones hidrológicas 25 San Fernando Soto La Marina, 26 Pánuco y una pequeña porción de las regiones hidrológicas 37 El Salado y 27 Norte de Veracruz (Figura IV.54).




Fuente: Tomado de CONAGUA, en: https://files.conagua.gob.mx/conagua/generico/PNH/PHR_2021-2024_RHA_IX_GOLFO_NORTE.pdf

***Figura IV.54. Regiones Hidrológico-Administrativas en las que está dividido el territorio nacional.***

### IV.3.1.10.1. Hidrología superficial

#### IV.3.1.10.1.1. Cuerpos de agua superficiales

Para fines de planeación, la RHA IX Golfo Norte se dividió en cuatro subregiones de planeación: Río San Fernando; río Soto La Marina; río El Salado y río Pánuco; las cuales quedaron divididas en nueve Unidades de Planeación conformadas de acuerdo con la división municipal. El estado de Hidalgo se encuentra dentro de la Subregión de Planeación Pánuco, Unidad de Planeación 1301 Pánuco Hidalgo y comprende 11,695.53 km$^2$ (CONAGUA, S/F).

En esta RHA se ubican 100 cuencas hidrológicas, de las cuales 64 corresponden a la RH 26 Pánuco, de acuerdo con el acuerdo publicado en el Diario Oficial de la Federación el 07 de febrero de 2018. Por otro lado, la RH 26 se divide en cuatro subregiones: Cuenca del río Pánuco RH26A; cuenca del río Tamesí RH26B; cuenca del río Tamuín RH26C y

cuenca del río Moctezuma RH26D. Estas cuatro cuencas, más la cuenca de la Laguna Tamiahua RH27E, se encuentran bajo la administración del Consejo de Cuenca Río Pánuco.

Los principales cuerpos de agua de la cuenca del río Pánuco son: Laguna de Tamiahua o La Ciénega, laguna de Metztitlán y el manantial de la Media Luna. De estos cuerpos, la laguna de Metztitlán es la más cercana al SAR del proyecto, a 10 km aproximadamente al suroeste del polígono. Se trata de la represa natural más grande de México, cubriendo 2,937.20 ha (CIDIPORT y UAT, 2015).

Los cauces presentes en el área del SAR son principalmente de tipo lótico, léntico solo se tiene la laguna Atezca a aproximadamente 4.66 km al sur del área del tajo Naopa. Este cuerpo de agua se ubica al noroeste de la cabecera municipal de Molango de Escamilla, cubre una superficie aproximada de entre 24 y 27 ha y tiene una profundidad media de 6.4 m. Se alimenta de cinco arroyos intermitentes y tiene una pequeña desembocadura hacia el río Claro. En este cuerpo de agua se practica la pesca recreativa o deportiva de carpa, trucha y bagre.

En el SAR existen diversos cuerpos de aguas superficiales, muchos de ellos arroyos temporales y ríos permanentes, unidos a la cuenca del río Pánuco y sus afluentes, los ríos Claro, Amajac y Moctezuma, estos dos últimos fuera del SAR.

En la parte sur del polígono del SAR, en el municipio de Xochicoatlán, se tienen siete arroyos, todos temporales: Agua Limpia, Huayacupula, El Salto, San Juan (Alambrada), Trozo de Agua, Puente Alto y La Cañada, estos tres últimos aledaños a la localidad de Nonoalco. Además, cerca de la cabecera municipal de Xochicoatlán se encuentra el arroyo Grande, también temporal, y el río Chacalapa, el único de carácter permanente, aunque en la época de secas es de muy bajo caudal.

Al norte de Nonoalco, antes de llegar a la cabecera municipal de Molango de Escamilla, cerca de la localidad de Ixmolinta, de este mismo municipio, se encuentran los arroyos temporales, La Maroma y Molocotlán. Aledaño a la cabecera municipal, se encuentra el arroyo temporal La Maroma y los ríos permanentes Pilateno y Agua Fría.

La cabecera municipal de Lolotla, en la zona centro del polígono del SAR y que corren en sentido hacia la localidad de Naopa, se encuentran el arroyo Xaltipa y los ríos permanentes Yogu y Xaltetla, que desembocan al río Claro, y el río Huaxcatla.

Al noreste del polígono del SAR, dentro del municipio de Tlanchinol, corre el arroyo Xalpa, el cual recibe agua de otros arroyos de menor cauce, como el arroyo Pesuco, Paguapa. A su salida del SAR, a la altura de la localidad de Tenexco, continua su curso hasta unirse con el río Claro en la localidad de Texopich, municipio de Tepehuacán de Guerrero, fuera del SAR.

El noroeste del SAR tiene el cauce de río Claro, el cuerpo de agua de mayor importancia dentro del SAR, por su carácter permanente y su cauce. Este cuerpo de agua recibe aporte de diversos arroyos temporales, entre ellos La Juda, Cuatencatl, Acuecueyos, Arroyo Seco, Temesa, Achinpesco, Tepaila y Coxolija.

El río Claro sale del polígono del SAR en la zona norte, cerca de la localidad de Cuatitlanapa, del municipio de Lolotla, desemboca en el río Amajac, a la altura de la localidad de Tenexco, y continua su recorrido hasta unirse al río Amajac a la altura de la localidad de Texojol, municipio de Tamazunchale, San Luis Potosí. Posterior a la desembocadura del río Claro en el río Amajac, aproximadamente a 4.5 km de distancia, el río Amajac desemboca en el río Moctezuma, que después sirve de línea limítrofe entre los estados de Veracruz y San Luis Potosí. El río Moctezuma se une al río Tampaón en Tamuín, San Luis Potosí, para cambiar nombre por el de río Pánuco, el cual desemboca en el golfo de México.

En el acuerdo por el que se dan a conocer los resultados del estudio técnico de las aguas nacionales superficiales en las cuencas hidrológicas que forman parte de la subregión hidrológica río Pánuco de la RH 26 Pánuco, publicado en el Diario Oficial de la Federación el 07 de febrero de 2018, la cuenca hidrológica del río Claro, desde su nacimiento hasta su confluencia con el río Amajac, cubre una superficie de 763.895 $km^2$.

En esta región hidrológica se tienen contabilizados 18,166 aprovechamientos de agua, lo que implica un volumen anual de extracción concesionado de 7,048.583 $Mm^3$, es decir, el 36.9% del escurrimiento medio anual. El uso de agua del volumen aprovechado se destina a actividades agrícolas (65.4%), generación de energía eléctrica (19.91%) y servicios (4.6%).

En este rubro, el río Claro cuenta con 607 aprovechamientos, los cuales implican 6.342 $Mm^3$ de volumen de agua anual de extracción concesionado de aguas superficiales; el 0.09% del volumen de agua anual de extracción concesionado de la RH 26.

De las 64 cuencas hidrológicas que conforman la RH 26 Pánuco, ocho se encuentran con déficit en su disponibilidad media anual de aguas superficiales: Arroyo Zarco, río Ñadó, río Galindo, río San Juan 1, arroyo El Puerquito o San Bartolo, arroyo Altamira, río Santa María 1 y embalse Zimapán, ninguno de ellos con injerencia en el SAR.

El río Claro, por lo contrario, cuenta con disponibilidad media anual de agua superficial de 260.985 $Mm^3$, el cual resulta de un volumen de escurrimiento aguas abajo de 446.881 $Mm^3$, a lo cual se le restan los volúmenes comprometidos de 94.916 $Mm^3$ por usos y 90.980 $Mm^3$ para flujos mínimos ecológicos.

La Unidad Minera Naopa es cruzada por dos cuerpos de agua superficiales temporales. Los cauces inician en la parte alta de los cerros del lado sur de la unidad minera, y desembocan en el arroyo Xaltipa (Agua Salada), tributario del río Claro.

#### IV.3.1.10.1.2. Calidad del agua superficial

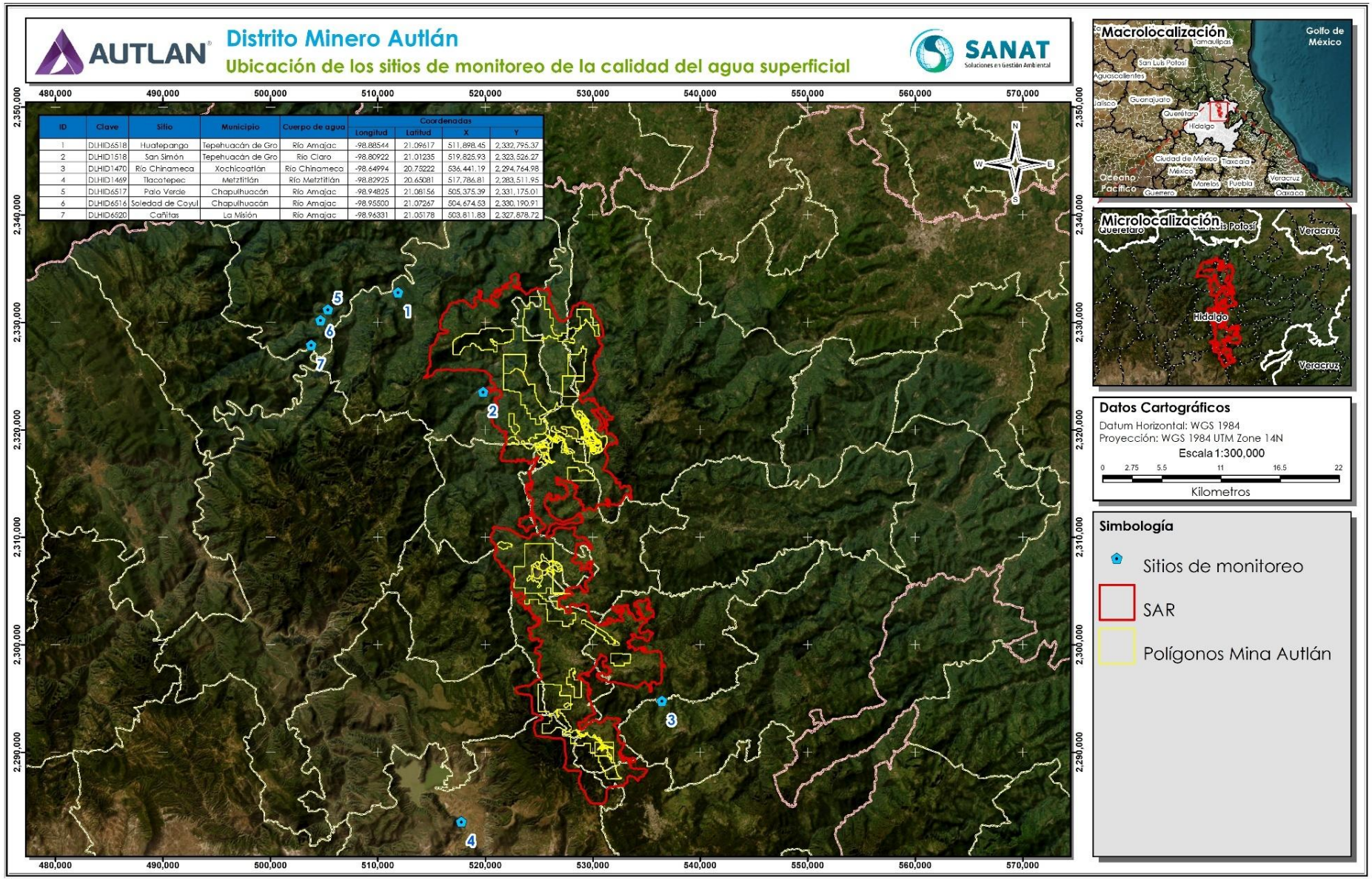
La CONAGUA ha venido realizando muestreos y presentando los resultados de diferentes cuerpos de agua superficiales en diversos puntos a nivel nacional (ver página web: https://www.gob.mx/conagua/articulos/calidad-del-agua). El último reporte de resultados presentado por la CONAGUA corresponde al año 2022. En dicho informe se reporta el resultado de 70 sitios de muestreo de cuerpos de agua lóticos y lénticos pertenecientes al estado de Hidalgo. No obstante, ninguno de ellos se encuentra dentro de la poligonal del SAR, solo uno de ellos se encuentra aproximadamente a 100 m de distancia del SAR, en el cauce del río Claro, y otro a 1,300 m sobre el río Chinameca, aguas abajo del SAR (Figura IV.55).

Ante la falta de sitios de seguimiento a la calidad de agua dentro del SAR, se decidió seleccionar aquellos que estuvieran aproximadamente a 10 km a la redonda del polígono, con la finalidad de tener información que ayudara a caracterizar este subfactor ambiental de los cuerpos de agua superficiales. Del ejercicio realizado, se identificaron siete sitios de muestreo, de los cuales solo el sitio DLHHID1518 San Simón se ubica en un cuerpo de agua con influencia en el SAR, cuatro de siete se ubican en cauce del río Amajac y uno en el río Metztitlán, sin ninguna interacción con los cauces del SAR (Tabla IV.32).

*Tabla IV.32. Sitios de muestreo y seguimiento de la calidad del agua superficial en el SAR[§].*

| Clave | Sitio | Municipio | Cuerpo de agua | Coordenadas | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | | Longitud | Latitud |
| DLHID6518 | Huatepango | Tepehuacán de Gro | Río Amajac | -98.88544 | 21.09617 |
| DLHID1518 | San Simón | Tepehuacán de Gro | Río Claro | -98.80922 | 21.01235 |
| DLHID1470 | Río Chinameca | Xochicoatlán | Río Chinameca | -98.64994 | 20.75222 |
| DLHID1469 | Tlacotepec | Metztitlán | Río Metztitlán | -98.82925 | 20.65081 |
| DLHID6517 | Palo Verde | Chapulhuacán | Río Amajac | -98.94825 | 21.08156 |
| DLHID6516 | Soledad de Coyul | Chapulhuacán | Río Amajac | -98.95500 | 21.07267 |
| DLHID6520 | Cañitas | La Misión | Río Amajac | -98.96331 | 21.05178 |

§ Fuente: CONAGUA, en: https://www.gob.mx/conagua/articulos/calidad-del-agua; consultada: Agosto, 2024.




| ID | Clave | Sitio | Municipio | Cuerpo de agua | Coordenadas | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | Longitud | Latitud | X | Y |
| 1 | DLHID6518 | Huatepango | Tepehuacán de Gro | Río Amajac | -98.88544 | 21.09617 | 511,898.45 | 2,332,795.37 |
| 2 | DLHID1518 | San Simón | Tepehuacán de Gro | Río Claro | -98.80922 | 21.01235 | 519,825.93 | 2,323,526.27 |
| 3 | DLHID1470 | Río Chinameca | Xochicoatlán | Río Chinameca | -98.64994 | 20.75222 | 536,441.19 | 2,294,764.98 |
| 4 | DLHID1469 | Tlacotepec | Metztitlán | Río Metztitlán | -98.82925 | 20.65081 | 517,786.81 | 2,283,511.95 |
| 5 | DLHID6517 | Palo Verde | Chapulhuacán | Río Amajac | -98.94825 | 21.08156 | 505,375.39 | 2,331,175.01 |
| 6 | DLHID6516 | Soledad de Coyul | Chapulhuacán | Río Amajac | -98.95500 | 21.07267 | 504,674.53 | 2,330,190.91 |
| 7 | DLHID6520 | Cañitas | La Misión | Río Amajac | -98.96331 | 21.05178 | 503,811.83 | 2,327,878.72 |

*Figura IV.55. Ubicación de los sitios de monitoreo de la calidad del agua superficial reportados por la CONAGUA aledaños al SAR.*

Como parte del monitoreo a la calidad del agua se ha dado seguimiento a diversas variables, incluyendo sólidos suspendidos totales (SST), porcentaje de saturación de oxígeno disuelto (OD), coliformes y enterococos fecales, toxicidad dafnia magna y/o fisheri, estas dos últimas variables a diferente profundidad.

La CONAGUA reporta los resultados obtenidos en dos formas, por un lado, presenta los resultados promedio de cada variable evaluada durante todo el tiempo que se le ha dado seguimiento, en este caso, actualmente es para el periodo 2012 – 2022; y, el segundo, es el último resultado obtenido en el monitoreo, que al mes de agosto del 2024 es para el año 2022. Las variables que se usan permiten evaluar las propiedades fisicoquímicas y bacteriológicas del agua, incluyendo las variables: $DBO_5$, DQO, SST, coliformes fecales, E. coli, OD y toxicidad.

De acuerdo con los resultados presentados por la CONAGUA, durante el periodo 2012 – 2022, ninguno de los cuatros sitios de muestreo ubicados en el cauce del río Amajac tienen problemas de contaminación de agua, resultando con calidad del agua buena y excelente en cada una de las variables evaluadas (Tabla IV.33). Por otro lado, los sitios de seguimiento ubicados en los cauces de los ríos Chinameca, Metztitlán y Claro resultaron con semáforo amarillo por tener problemas de contaminación con coliformes fecales. Los valores obtenidos en esta variable en los tres sitios están en el rango concentración de coliformes entre 1,000 y 10,000 NMP 100 $ml^{-1}$, lo que la clásica como un agua con contaminación bacteriológica con alteración substancial con respecto a la condición normal.

*Tabla IV.33. Resultado de los monitoreos de la calidad del agua superficial reportados por la CONAGUA en los sitios seleccionados para caracterizar el componente en el SAR del proyecto[§].*

| Clave | Demanda bioquímica de oxígeno ($DBO_5$) | | Demanda química de oxígeno (DQO) | | Sólidos suspendidos totales (SST) | | Coliformes fecales (CF)[§§] | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Valor (mg $L^{-1}$) | Calidad | Valor (mg $L^{-1}$) | Calidad | Valor (mg $L^{-1}$) | Calidad | Valor (NMP 100 $ml^{-1}$) | Calidad |
| DLHID6518 | 2.15 | Excelente | <10 | Excelente | 18 | Excelente | 52 | Excelente |
| DLHID1518 | <2 | Excelente | <10 | Excelente | <10 | Excelente | 2,400 | Contaminada |
| DLHID1470 | <2 | Excelente | 12.6 | Buena calidad | <10 | Excelente | 1,396 | Contaminada |
| DLHID1469 | 2.7 | Excelente | 12.36 | Buena calidad | 18 | Excelente | 3,076 | Contaminada |
| DLHID6517 | 3.94 | Buena calidad | <10 | Excelente | 16 | Excelente | <3 | Excelente |
| DLHID6516 | 3.92 | Buena calidad | <10 | Excelente | 22 | Excelente | <3 | Excelente |
| DLHID6520 | 4.36 | Buena calidad | <10 | Excelente | <10 | Excelente | 20 | Excelente |

*Tabla IV.33. Continuación[§]…*

| Clave | Escherichia coli (E. coli)[§§] | | Oxígeno disuelto ($OD_L$) | | Toxicidad Daphnia magna[§§§] | | Semáforo | Contaminantes |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Valor (mg $L^{-1}$) | Calidad | Valor (mg $L^{-1}$) | Calidad | Valor (mg $L^{-1}$) | Calidad | | |
| DLHID6518 | 41 | Excelente | 116.3 | Buena calidad | <1 | No tóxico | Verde | |
| DLHID1518 | 287.5 | Buena calidad | 87.1 | Excelente | <1 | No tóxico | Amarillo | Coliformes |
| DLHID1470 | 187 | Buena calidad | 100.35 | Excelente | <1 | No tóxico | Amarillo | Coliformes |
| DLHID1469 | 459 | Buena calidad | 92.5 | Excelente | <1 | No tóxico | Amarillo | Coliformes |
| DLHID6517 | <3 | Excelente | 103.2 | Excelente | <1 | No tóxico | Verde | |
| DLHID6516 | <3 | Excelente | 107.4 | Excelente | <1 | No tóxico | Verde | |
| DLHID6520 | 10 | Excelente | 106.1 | Excelente | <1 | No tóxico | Verde | |

[§] Fuente: CONAGUA, en: https://www.gob.mx/conagua/articulos/calidad-del-agua; consultada: Agosto, 2024.

[§§] Coliformes fecales y E. coli reportados en número más probable (NMP) en 100 mililitros.

[§§§] Valor de Toxicidad, Vibrio Fisheri, 15 minutos, Unidades de Toxicidad, en cuerpos loticos.

### IV.3.1.10.2. Hidrología subterránea

El agua de lluvia tiene tres diferentes derivaciones al momento de caer, una parte se regresa a la atmósfera por la evapotranspiración, otra llega a corrientes de agua superficiales que descargan en el mar o en lagos y lagunas y, la tercera vía es la que llega a los cuerpos de agua subterráneos a través de la infiltración, pasando a formar parte de las aguas nacionales.

Como se vio anteriormente, la unidad de gestión y administración del agua subterránea es el acuífero, el cual se define como "*cualquier formación geológica o conjunto de formaciones geológicas hidráulicamente conectados entre sí, por las que circulan o se almacenan aguas del subsuelo que pueden ser extraídas para su explotación, uso o aprovechamiento y cuyos límites laterales y verticales se definen convencionalmente para fines de evaluación, manejo y administración de las aguas nacionales del subsuelo*" (Ley de Aguas Nacionales, artículo 3, fracción II).

En este caso, en México se identificaron 653 acuíferos, cuyos nombres oficiales fueron publicados en el Diario Oficial de la Federación el 5 de diciembre de 2001. En la RHA IX Golfo Norte existen 40 acuíferos totales siendo Tamaulipas el que más tiene con 13, seguido de Hidalgo con 11, Querétaro y San Luis Potosí continúan con siete cada uno, y cierran Veracruz y el Estado de México con uno. De los 40 acuíferos, 29 están en balance positivo y 11 presentan déficit. De los 11 acuíferos con balance negativo, cuatro se localizan en el estado de Tamaulipas, tres en el estado de Querétaro, dos en San Luis Potosí, uno en cada uno de los estados de Hidalgo y Estado de México. El acuífero del estado de Hidalgo que se encuentra en balance negativo es el 1317 Valle de Tulancingo.

El SAR del proyecto se encuentra cubriendo parcialmente superficie de cuatro acuíferos: 1302 Orizatlán, 1305 Atlapexco – Candelaria, 1306 Calabozo y 1314 Metztitlán (Figura IV.56). Los cuatro acuíferos cuentan con disponibilidad de agua para su aprovechamiento, de acuerdo con la disponibilidad media anual de agua subterránea de los 653 acuíferos publicado en el Diario Oficial de la Federación el 09 de noviembre de 2023.

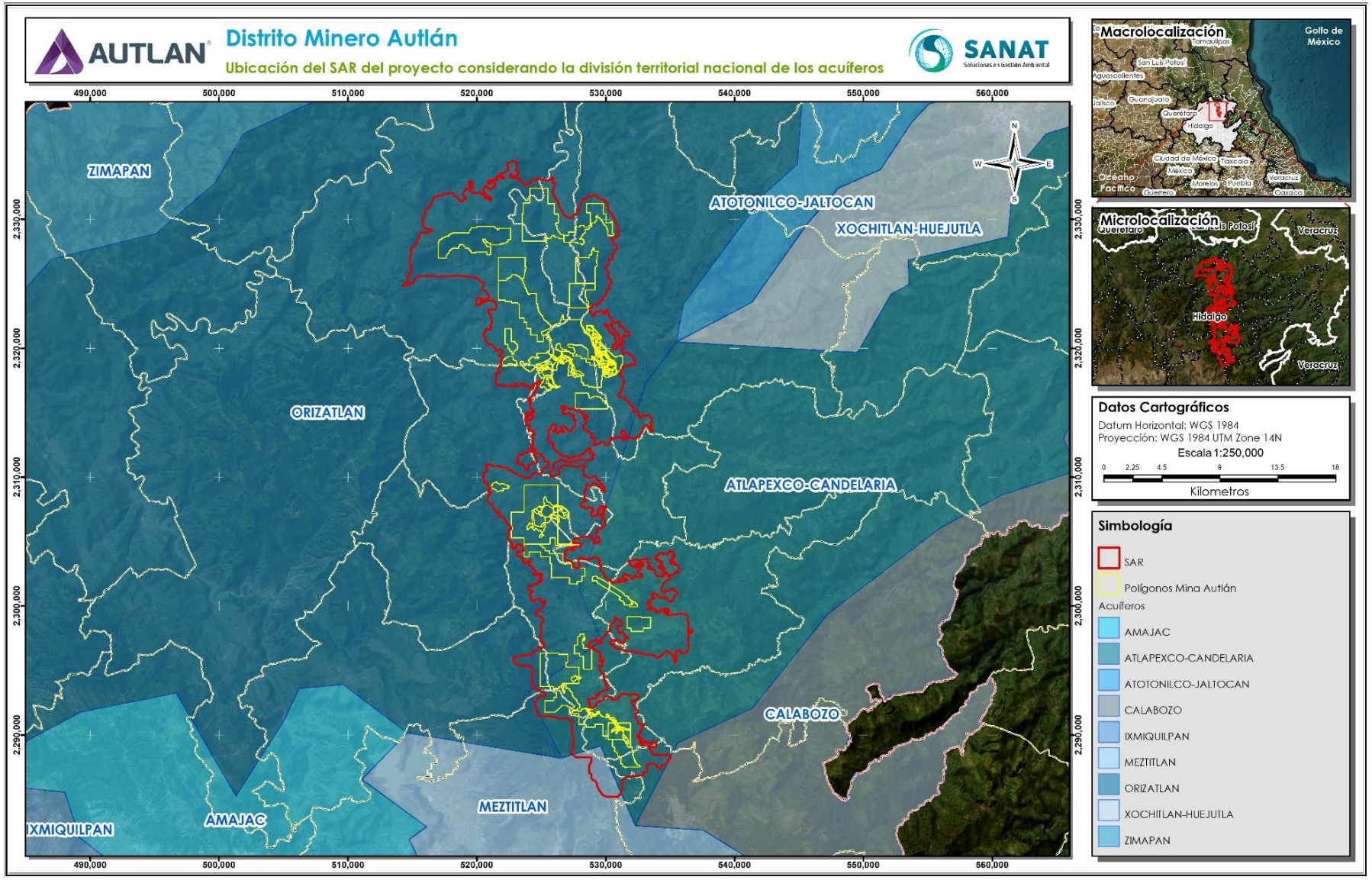



*Figura IV.56. Ubicación del SAR del proyecto considerando la división territorial nacional de los acuíferos.*

### IV.3.1.10.2.1. Descripción de los acuíferos del SAR

El polígono del SAR incide mayormente sobre la superficie del acuífero "1302 Orizatlán", ubicado de la parte centro – sur del polígono al norte. Al noreste del SAR se tiene sobreposición con el acuífero "1305 Atlapexco – Candelaria" y, en la parte sur del polígono incide sobre los acuíferos "1306 Calabozo" y "1314 Metztitlán".

El 09 de noviembre de 2023 se publicó en el Diario Oficial de la Federación el acuerdo con la actualización de la disponibilidad media anual de agua subterránea de los 653 acuíferos del país. Los cuatro acuíferos en los que incide parcialmente el SAR del proyecto se encuentran en balance positivo, es decir, se cuenta con disponibilidad de agua en los acuíferos para nuevas concesiones. Ninguno de los acuíferos presenta problemas de intrusión salina, salinización de suelos ni tampoco aguas subterráneas salobres.

En las Tablas IV.34, IV.35, IV.36 y IV.37 se presentan las características más relevantes de los acuíferos en cuestión por número progresivo de su clave.

***Tabla IV.34. Descripción del acuífero Orizatlán (1302).***

| Concepto | Información |
|---|---|
| Clave Sistema de Información Geográfica para el Manejo de las Aguas Subterráneas (SIGMAS) | 1302 Orizatlán |
| Superficie | 2,900 $km^2$ |
| Localización | En la región norte del estado de Hidalgo. Colidan al norte con los acuíferos Huasteca Potosina y Tamuín, al noreste y este con los acuíferos Atotonilco – Jaltocan y Atlapexco – Candelaria, al sur con Metztitlán, Amajac e Ixmiquilpan, y, al oeste comparte límites con el acuífero Zimapán. |
| Municipios que lo conforman | Este acuífero se ubica parcial o totalmente sobre los municipios: Juárez Hidalgo, Nicolás Flores, San Felipe Orizatlán, Tlahuiltepa y Tehuacán de Guerrero; parcialmente los municipios Cardonal, Chapulhuacán, Eloxochitlán, Huejutla de Reyes, Ixmiquilpan, Jacala de Ledezma, Lolotla, Metztitlán, La Misión, Molango de Escamilla, Tlanchinol y Zimapán. |
| Región hidrológica | Pertenece a la Región Hidrológica 26 Río Pánuco, cuenca del río Moctezuma. Su corriente principal es el río Amajac. |
| Hidrología superficial | Debido a su topografía accidentada y al carácter impermeable de la zona, sus escurrimientos fluyen de manera rápida sin permitir grandes volúmenes de infiltración.<br>Los escurrimientos superficiales tienen origen en el sur del acuífero, donde termina la sierra y empieza la planicie. El río Amajac cruza el acuífero de norte a sur hasta su confluencia con el río Moctezuma, al oeste de Orizatlán.<br>En el área del acuífero no existe infraestructura hidráulica para el almacenamiento de corrientes superficiales.<br>Este acuífero solo se explota en el valle por medio de norias perforadas a mano para satisfacer las necesidades del uso doméstico – abrevadero. |
| Hidrología subterránea | La elevación del nivel estático está en correlación con el cambio topográfico, observándose elevaciones de 200 msnm, en las inmediaciones de Orizatlán, y de 40 a 100 msnm al noroeste del acuífero. |

| Concepto | Información |
|---|---|
| Recarga total anual (Rt)§ | 185.4 |
| Descarga natural comprometida (DNCOM) | 179.0 |
| Volumen de agua subterránea concesionado (VCAS) | 0.033167 |
| Volumen de extracción de agua en las zonas de suspensión provisional de libre alumbramiento y los inscritos en el Registro Nacional Permanente (VEALA) | 0.283135 |
| Volumen de extracción de agua pendiente de titulación y/o registro en el REPDA (VAPTYR) | 0.039968 |
| Volumen de agua correspondiente a reservas, reglamentos y programación hídrica (VAPRH) | 1.848332 |
| Disponibilidad media anual de agua del subsuelo (DMA) | **4.195399 $Mm^3$** |

*Tabla IV.35. Descripción del acuífero Atlapexco – Candelaria (1305).*

| Concepto | Información |
|---|---|
| Clave Sistema de Información Geográfica para el Manejo de las Aguas Subterráneas (SIGMAS) | 1305 Atlapexco – Candelaria |
| Superficie | 1,104 $km^2$ |
| Localización | Se encuentra al noreste del estado de Hidalgo, en la región de la Huasteca hidalguense. Colinda al este y sur con el acuífero Calabozo, al sur con Metztitlán, al oeste con Orizatlán y al norte con los acuíferos Xochicoatlán – Huejuta y Tampico – Misantla del estado de Veracruz. |
| Municipios que lo conforman | Abarca parcialmente los municipios de Atlapexco, Tianguistengo, Huazalingo, Yahualica, Metztitlán, Zacualtipán de los Ángeles, Molango de Escamilla, Lolotla, Tlanchinol, Huautla y Huejutla de Reyes; totalmente los municipios de Xochicoatlán y Calnali. |
| Región hidrológica | Pertenece a la RHA IX Golfo Norte, a la Región Hidrológica 26 Río Pánuco, cuenca del río Moctezuma, subcuenca Acuapa – Chinameca. |
| Hidrología superficial | Las altas precipitaciones de la región permiten la existencia de cauces que permiten el abasto con fuentes superficiales. Sin embargo, varios de los cuerpos de agua superficiales son temporales, secándose durante la época de secas. Los escurrimientos se originan en la porción sur del acuífero. El principal cuerpo de agua lótico es el río Los Hules formado por varios escurrimientos que se originan en el suroeste. |

| Concepto | Información |
|---|---|
| | Debido a la topografía accidentada de la región y a la baja permeabilidad de la litología regional, existe baja filtración y reabastecimiento de cuerpos de agua subterráneos.<br>No existe infraestructura hidráulica para el almacenamiento de las corrientes superficiales. |
| Hidrología Subterránea | La profundidad del nivel estático muestra curvas dominadas por el efecto de la topografía, con valores entre 1 a 5 m a lo largo de los cauces superficiales, que se van incrementando conforme se asciende hacia las partes más altas, hasta alcanzar los 10 m.<br>Este acuífero se explota en la zona del valle, en el extremo nororiental del acuífero, mediante norias perforadas a mano en los ríos y arroyo, y son básicamente para satisfacer la demanda doméstica y abrevaderos. |
| Recarga total anual (Rt)[§] | 192.7 |
| Descarga natural comprometida (DNCOM) | 183.7 |
| Volumen de agua subterránea concesionado (VCAS) | 0.422734 |
| Volumen de extracción de agua en las zonas de suspensión provisional de libre alumbramiento y los inscritos en el Registro Nacional Permanente (VEALA) | 0.099676 |
| Volumen de extracción de agua pendiente de titulación y/o registro en el REPDA (VAPTYR) | 0.00000 |
| Volumen de agua correspondiente a reservas, reglamentos y programación hídrica (VAPRH) | 1.030122 |
| Disponibilidad media anual de agua del subsuelo (DMA) | **7.447469 $Mm^3$** |

*Tabla IV.36. Descripción del acuífero Calabozo (1306).*

| Concepto | Información |
|---|---|
| Clave Sistema de Información Geográfica para el Manejo de las Aguas Subterráneas (SIGMAS) | 1306 Calabozo |
| Superficie | 852 $km^2$ |
| Localización | Se ubica al nororiente del estado de Hidalgo. Colinda al norte, este y sur con el acuífero Tampico – Misantla, del estado de Veracruz; al oeste con Atlapexco – Candelaria y al sur con el acuífero Meztitlán. |

| Concepto | Información |
|---|---|
| Municipios que lo conforman | Comprende totalmente el municipio de Xochiatipán, gran parte de los municipios de Huautla y Zacualtipán, y parcialmente los municipios de Yahualica, Tianguistengo, Atlapexco y San Agustín. Mezquititlán. |
| Región hidrológica | Pertenece a la RHA IX Golfo Norte, a la Región Hidrológica 26 Río Pánuco, cuenca del río Moctezuma, subregión del Bajo Pánuco, subcuenca Chahuatlán – Encinal. |
| Hidrología superficial | Los escurrimientos superficiales se originan en la porción sur del acuífero, donde termina la sierra e inicia la planicie. El principal cauce superficial es el río que pasa por las poblaciones de Acatepec, Los Cerezos y Chalingo, el cual fluye con el río Los Hules al norte del acuífero, fuera del límite del acuífero.<br>No existe infraestructura hidráulica para el almacenamiento de las corrientes superficiales. |
| Hidrología Subterránea | El nivel estático muestras curvas dominadas por el efecto topográfico a lo largo del cauce del río, con valores de 10 m de profundidad, las cuales incrementan del cauce de los cuerpos de agua hacia las partes altas de la sierra, de manera paralela a la dirección de su escurrimiento.<br>Este acuífero se explota en el valle que se ubica en el extremo nororiental del acuífero, principalmente por norias perforadas a mano cercanas al cauce del río y arroyos, y son básicamente para satisfacer la demanda doméstica y abrevaderos. |
| Recarga total anual (Rt)[§] | 81.1 |
| Descarga natural comprometida (DNCOM) | 71.6 |
| Volumen de agua subterránea concesionado (VCAS) | 0.00000 |
| Volumen de extracción de agua en las zonas de suspensión provisional de libre alumbramiento y los inscritos en el Registro Nacional Permanente (VEALA) | 0.256204 |
| Volumen de extracción de agua pendiente de titulación y/o registro en el REPDA (VAPTYR) | 0.00000 |
| Volumen de agua correspondiente a reservas, reglamentos y programación hídrica (VAPRH) | 1.172796 |
| Disponibilidad media anual de agua del subsuelo (DMA) | **8.071000 $Mm^3$** |

*Tabla IV.37. Descripción del acuífero Metztitlán (1314).*

| Concepto | Información |
|---|---|
| Clave Sistema de Información Geográfica para el Manejo de las Aguas Subterráneas (SIGMAS) | 1314 Metztitlán |
| Superficie | 20,905 $km^2$ |
| Localización | Se ubica al este del estado de Hidalgo. Limita al norte con los acuíferos Orizatlán y Atlapexco – Candelaria, al noreste con el acuífero Calabozo, al este con el acuífero Álamo – Tuxpan, del estado de Veracruz, al sur con Valle de Tulancingo, al suroeste con Huasca – Zoquital y al oeste con el acuífero Amajac. |
| Municipios que lo conforman | Este acuífero cubre parcialmente los municipios de Metztitlán, Mezquititlán, Atotonilco El Grand, Huayacocotla, Metepec, Tulancingo de Bravo y Huasca de Ocampo. |
| Región hidrológica | Pertenece a la RHA IX Golfo Norte, a la Región Hidrológica 26 Río Pánuco, cuenca del río Tulancingo o Metztitlán, la cual drena en la parte nororiental del estado de Hidalgo, y un parte a la subcuenca del río Moctezuma. Una pequeña parte de la región oriental (1,100 km2) forma parte de la Región Hidrológica 27 Tuxpan – Nautla. |
| Hidrología superficial | El río Metztitlán es el principal cauce de este acuífero. Tiene su origen al norte del estado de Puebla, donde se conoce como río Chico. Al cruzar por la ciudad de Tulancingo recibe el nombre del río Grande de Tulancingo. Al llegar a la población de Alcholoya recibe el nombre de esta localidad.<br>Su cauce sirve para aportar agua al distrito de riego No. 8 de Meztitlán. |
| Hidrología Subterránea | La profundidad a los niveles del agua subterránea varía de 2 a 10 m, lo cual depende de la variación topográfica regional, los valores más bajos se ubican hacia el valle y los más altos hacia el piedemonte. |
| Recarga total anual (Rt)[§] | 62.5 |
| Descarga natural comprometida (DNCOM) | 39.3 |
| Volumen de agua subterránea concesionado (VCAS) | 12.197615 |
| Volumen de extracción de agua en las zonas de suspensión provisional de libre alumbramiento y los inscritos en el Registro Nacional Permanente (VEALA) | 0.529580 |
| Volumen de extracción de agua pendiente de titulación y/o registro en el REPDA (VAPTYR) | 0.330691 |
| Volumen de agua correspondiente a reservas, reglamentos y programación hídrica (VAPRH) | 0.686107 |

| Concepto | Información |
|---|---|
| Disponibilidad media anual de agua del subsuelo (DMA) | **9.456009 $Mm^3$** |

#### IV.3.1.10.2.2. Calidad del agua subterránea

La calidad del agua subterránea en el SAR del proyecto se determinó con base en el análisis de los resultados publicados por la CONAGUA para el periodo 2012 – 2022 (ver: https://www.gob.mx/conagua/articulos/calidad-del-agua; consultada: agosto, 2024). No obstante, se encontró que la región donde se ubica el SAR del proyecto no tiene muchos sitios de monitoreo para determinar la calidad del agua subterránea. De hecho, no se encontró ningún sitio de monitoreo dentro de la poligonal del SAR. Los sitios más cercanos se ubican al sur del polígono, uno a 9.70 km de los límites del SAR, y, el segundo a 20.50 km, ambos en el municipio de Metztitlán (Tabla IV.38; Figura IV.57).

No obstante, la distancia, se decidió presentar los resultados de la calidad de estos sitios somo referencia de la calidad del agua subterránea del SAR, como indicador de la situación de la calidad del agua en la región.

***Tabla IV.38. Sitios de muestreo de la calidad del agua subterránea en el SAR[§].***

| Clave | Sitio | Municipio | Acuífero | Coordenadas | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | | Longitud | Latitud |
| DLHID1507 | San Pablo Tetlapayac | Metztitlán | Amajac | -98.910580 | 20.628650 |
| DLHID1468 | Pozo S.A.P. Metztitlán | Metztitlán | Metztitlán | -98.759220 | 20.590600 |

[§] Fuente: CONAGUA, en: https://www.gob.mx/conagua/articulos/calidad-del-agua; consultada: Agosto, 2024.

Los resultados de los análisis físicos, químicos y bacteriológicos al agua de los sitios monitoreados no muestran problemas de contaminación con alguna de las variables físicas, químicas y biológicas de seguimiento (Tabla IV.39). La mayoría de los resultados obtenidos muestran que se trata de agua subterránea de excelente a buena calidad para riego y de calidad excelente como agua potable. Solo los resultados de flúor y dureza muestran valores algo elevados, sin que lleguen a representar un problema para la calidad del agua.

La concentración de fluoruro en el sitio San Pablo Tetlapayac la clasifica como un agua de calidad media y en el pozo S.A.P Metztitlán con calidad baja. Ninguno de los resultados de monitoreo determinó que se tratara de agua con una calidad óptima (concentración mayor o igual a 0.7 y menor de 1.5 mg $L^{-1}$), pero tampoco la clasifica como agua no apta como fuente de abastecimiento de agua potable (concentración de flúor ≥ 1.5 mg $L^{-1}$).

En ambos sitios, los resultados de dureza se clasificaron como agua dura (> de 120 y ≤ a 500 mg $L^{-1}$), pero sin llegar a clasificarse como agua muy dura (> de 500 mg $L^{-1}$), agua no apta como fuente de abastecimiento de agua potable, indeseable para usos industriales y domésticos.

El gran número de acuíferos que se encuentran inmersos dentro del SAR están en relación con la gran extensión territorial que comprenden las diferentes líneas de distribución de gas y sus componentes. Sin embargo, la ejecución del proyecto no implica interacción alguna entre las obras y actividades del proyecto y los acuíferos antes descritos,

ya que la realización del proyecto no implica el aprovechamiento de agua ni descargas del o hacia el manto freático de manera directa.

Las oficinas administrativas encargadas de la operatividad y funcionalidad del proyecto seguirán operando con la concesión de aprovechamiento de 43,000.00 $m^3$ anuales de agua superficial otorgada por la CONAGUA a la Compañía Minera Autlán, S.A.B., de C.V., mediante la resolución: B00.912.01.-0021/16/SIAA del 19 de enero de 2016.

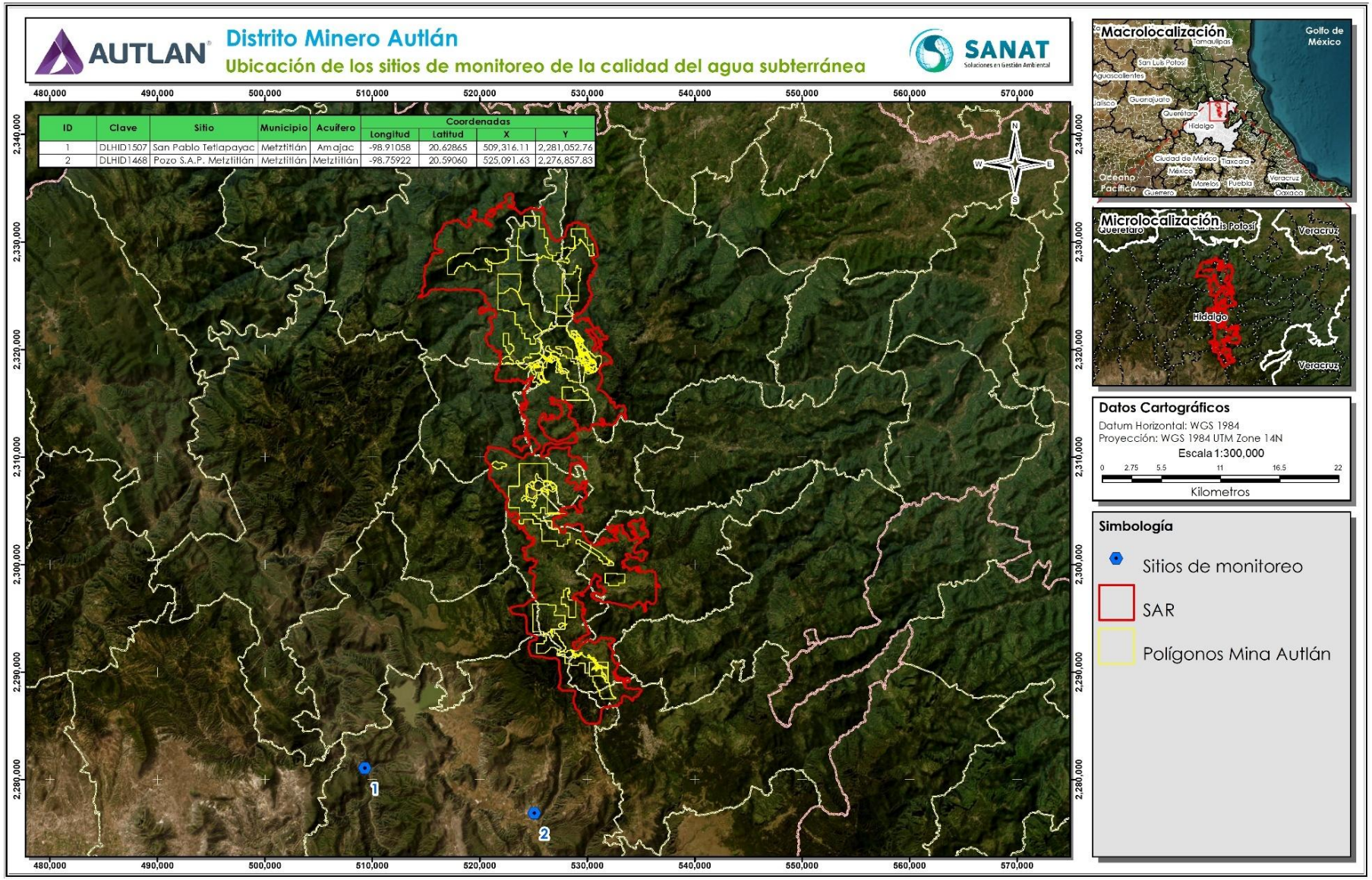



*Figura IV.57. Ubicación de los sitios de monitoreo de la calidad del agua subterránea reportados por la CONAGUA en el SAR y sus límites.*

*Tabla IV.39. Calidad del agua subterránea para el periodo 2012 - 2022 reportada por CONAGUA aledaños SAR[§].*

| Clave | Alcalinidad | | Conductividad eléctrica | | Sólidos disueltos totales (SDT) | | | Coliformes fecales (CF)[§§] | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Valor (mg $L^{-1}$) | Calidad | Valor (mS $cm^{-1}$) | Calidad riego | Valor (mg $L^{-1}$) | Calidad riego | Calidad salinidad | Valor (NMP 100 $ml^{-1}$) | Calidad |
| DLHID1507 | 225.77 | Alta | 682.00 | Buena para riego | 484.00 | Excelente para riego | Potable - Dulce | 148.00 | Buena |
| DLHID1468 | 191.91 | Alta | 602.50 | Buena para riego | 424.00 | Excelente para riego | Potable - Dulce | <1.1 | Potable - Excelente |

*Tabla IV.39. Continua§…*

| Clave | $N\text{-}NO_3$ | | Dureza | | Arsénico | | Flúor | | Fierro total | | Semáforo |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Valor (mg $L^{-1}$) | Calidad | Valor (mg $L^{-1}$) | Calidad | Valor (mg $L^{-1}$) | Calidad | Valor (mg $L^{-1}$) | Calidad | Valor (mg $L^{-1}$) | Calidad | |
| DLHID1507 | 1.18 | Potable - Excelente | 341.01 | Potable - Dura | <0.01 | Potable - Excelente | 0.48 | Media | 0.0561 | Potable - Excelente | Verde |
| DLHID1468 | 0.99 | Potable - Excelente | 314.16 | Potable - Dura | <0.01 | Potable - Excelente | 0.28 | Baja | 0.0640 | Potable - Excelente | Verde |

§ Fuente: CONAGUA, en: https://www.gob.mx/conagua/articulos/calidad-del-agua; consultada: Agosto, 2024.

§§ Coliformes fecales reportados en número más probable (NMP) en 100 mililitros.

## IV.3.2. Medio biótico

### IV.3.2.1. Usos de suelo y vegetación

La descripción de los tipos de vegetación y usos de suelo del presente trabajo se hizo con base en la descripción de los diferentes tipos de vegetación realizados para México. Las clasificaciones de vegetación realizada por Miranda y Hernández (1963) y Rzedowski (2006) son las que han trascendido para clasificar los tipos de vegetación en México. La clasificación de la vegetación en México de los primeros autores comprende 32 diferentes tipos de vegetación. El Dr. Rzedowski, tratando de reducir la variabilidad y complejidad que representaba diferenciar los tipos de vegetación propuestos por Miranda y Hernández, redujo la clasificación a 10 diferentes tipos.

Los tipos de vegetación existentes en México de acuerdo con la clasificación realizada por Rzedowski (2006) son:

- Bosque tropical perennifolio
- Bosque tropical subcaducifolio
- Bosque tropical caducifolio
- Bosque espinoso
- Matorral xerófilo
- Pastizal
- Bosque de Quercus
- Bosque de coníferas
- Bosque mesófilo de montaña
- Vegetación acuática y subacuática

El INEGI ha venido presentando los mapas de distribución de los tipos de vegetación en toda la república mexicana a través de VII diferentes series, habiéndose lanzado la serie I en 1980 y, la actualmente vigente, Serie VII en 2021. Esta clasificación de los tipos de vegetación usa como base la realizada por Rzedowski (2006), sin embargo, a partir de cada uno de los 10 tipos de vegetación, más dos adicionales incluidos por el INEGI, se incluyen diferentes formaciones vegetales, dando un total de 58 tipos de vegetación, diferenciando dos etapas de desarrollo (primaria y secundaria), y tres fases sucesionales (arbórea, arbustiva y/o herbáceas).

El INEGI incluye a los agroecosistemas en la clasificación de uso de suelo y vegetación, categoría en la que agrupa los diferentes tipos de agricultura (agrícola, pecuaria y forestal) y actividades acuícolas. Esta clasificación de usos de suelo hace referencia a los sistemas de producción de bienes de consumo y satisfacción para las poblaciones, misma que constituye una cubierta de uso de suelo como tal, quedando conformado por:

- Agricultura de temporal.
- Agricultura de riego.
- Agricultura de humedad.
- Pastizal cultivado.
- Bosque cultivado.

Todo lo antes referido tiene la finalidad de servir como sustento técnico para diferenciar los usos de suelo y vegetación que se identificaron en el SAR del proyecto y que a continuación se describe. Para ello, se pone en contexto la diferencia entre vegetación y flora que algunas veces se utiliza de manera independiente, para ello se va a recurrir a la definición de flora y vegetación hecha por Ferro-Díaz (2015), los cuales define como:

***Flora**: es el conjunto de especies y variedades de plantas de un territorio dado. El estudio de la flora se refiere a la lista de las especies presentes sin incluir ninguna otra información sobre ellas, fuera de la taxonómica, geográfica y de su uso e interés cultural.*

***Vegetación**: es el conjunto que resulta de la disposición en el espacio de los diferentes tipos biológicos de plantas presentes en una porción cualquiera del territorio geográfico.*

Para identificar los tipos de vegetación presentes en el SAR del proyecto, primero se procedió a ubicar geográficamente el área con respecto a la clasificación de uso de suelo y vegetación Serie VII del INEGI (ver: https://www.inegi.org.mx/temas/usosuelo/default.html#Herramientas). El resultado de la identificación de los diferentes usos de suelo y tipos de vegetación identificados en el análisis cartográfico, somo segundo paso, fue corroborado con los recorridos de campo que se hicieron a nivel de desplante de obras y en áreas internas del polígono del SAR.

Describiendo los usos de suelo identificados, es importante mencionar que los agroecosistemas y los asentamientos humanos se caracterizan porque para habilitarlos requieren de haberse llevado a cabo primeramente un cambio de uso de suelo. Este cambio de uso de suelo, originalmente, implica la modificación de la vocación natural o predominante del terreno, llevada a cabo por el hombre a través de la remoción total o parcial de la vegetación, de acuerdo con la definición del REIA, artículo 3, I Ter. El tipo de vegetación presente normalmente en estos usos de suelo es vegetación introducida con un fin ornamental, o bien, vegetación de tipo arvense y ruderal, ambas conocidas como “malezas”.

La vegetación ruderal se trata de un conjunto de plantas consideradas como malezas que crecen en orillas de caminos, carreteras, zonas urbanas y suburbanas y vertederos. Y, por otro lado, la vegetación arvense es la que está conformada por especies de flora que crecen en áreas alteradas por el hombre para llevar a cabo la producción agrícola, pecuaria y forestal.

Dentro del polígono del SAR definido para el proyecto se identificaron 18 unidades de uso de suelo y vegetación, incluyendo cuerpos de agua y áreas desprovistas de vegetación, estas unidades fueron identificadas tomando como base la información de la carta de uso del suelo y vegetación serie VII, escala 1: 250 000 de INEGI. De acuerdo con la información reportada, esta carta se elaboró usando información obtenida a partir de la aplicación de técnicas de fotointerpretación con imágenes geomedianas de la constelación satelital Landsat seleccionadas con año base 2018 (INEGI, 2021). La Figura IV.58 muestra la distribución de cada uno de ellos dentro del polígono.

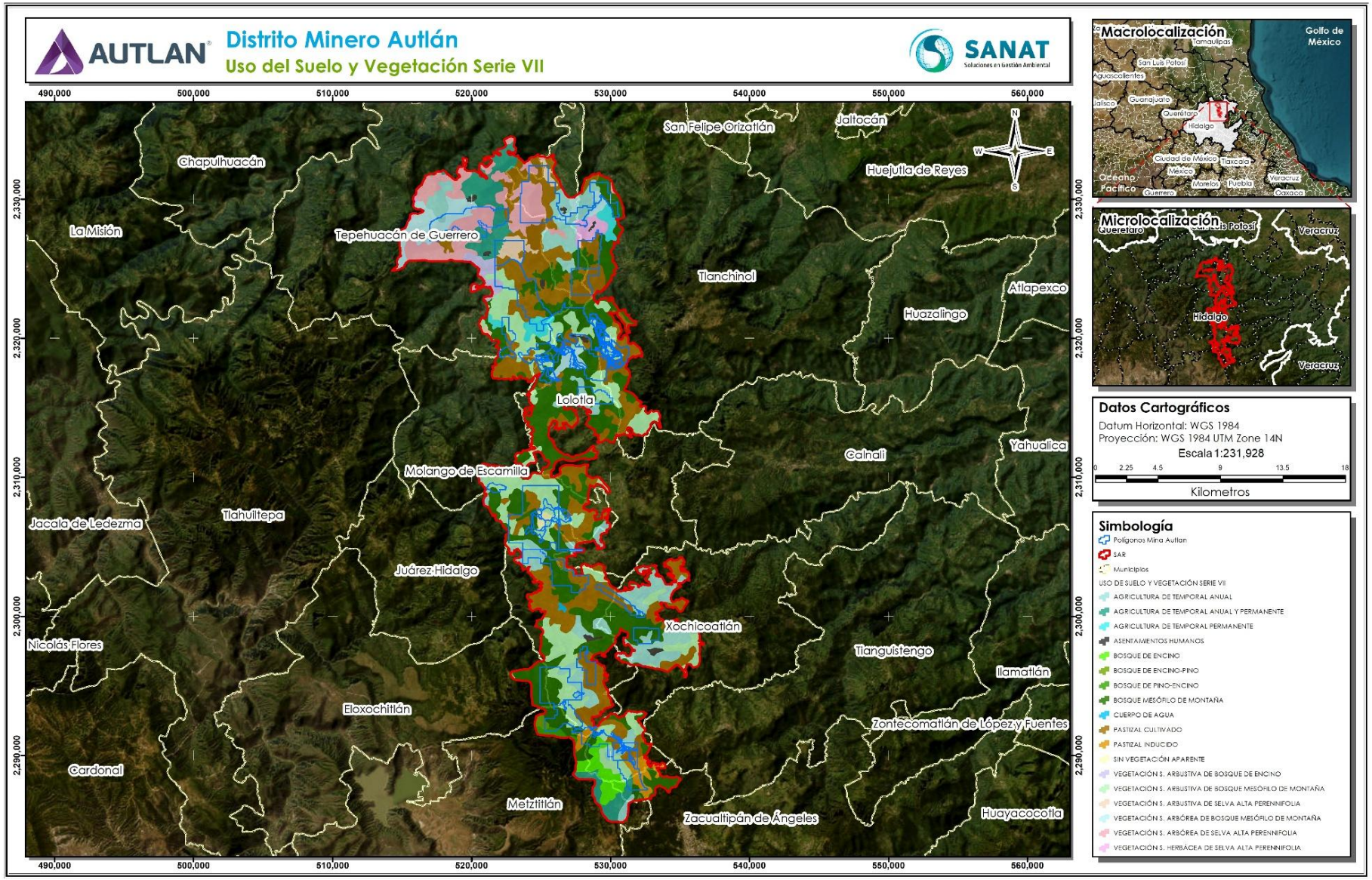



*Figura IV.58. Ubicación del SAR con respecto a la distribución de los usos de suelo y vegetación de acuerdo con la carta de usos de suelo y vegetación, escala 1:250,000, serie VII del INEGI.*

Derivado del análisis de la cartografía del INEGI antes mencionada, en el SAR se encuentran los siguientes usos de suelo y tipos de vegetación:

A) Áreas que no presentan vegetación forestal:

- Agricultura de temporal anual.
- Agricultura de temporal anual y permanente.
- Agricultura de temporal permanente.
- Pastizal cultivado.
- Pastizal inducido.
- Asentamientos humanos.
- Sin vegetación aparente.
- Cuerpo de agua.

B) Áreas que presentan algún tipo de vegetación forestal:

- Bosque de encino.
- Bosque de encino – pino.
- Bosque de pino – encino.
- Vegetación secundaria arbustiva de bosque de encino.
- Bosque mesófilo de montaña.
- Vegetación secundaria arbórea de bosque mesófilo de montaña.
- Vegetación secundaria arbustiva de bosque mesófilo de montaña.
- Vegetación secundaria arbórea de selva alta perennifolia.
- Vegetación secundaria arbustiva de selva alta perennifolia.
- Vegetación secundaria herbácea de selva alta perennifolia.

La Tabla IV.40 contiene el listado de los usos de suelo y vegetación dentro del SAR y la superficie y proporción que cubren con base en la clasificación de la serie VII del INEGI, información que fue corroborada con trabajo de campo. El uso de suelo de agricultura (agroecosistemas, en general), en sus tres clasificaciones de acuerdo con la disponibilidad y uso de agua y la longevidad de cultivo, comprende el 17.36%. El área que ya no cuenta con cobertura de vegetación forestal dentro del polígono involucra el 42.21% de las 38,998.68 ha del SAR, aquí se incluye, además, la superficie clasificada como área desprovista de vegetación 0.06%, los cuerpos de agua 0.06%, los asentamientos humanos 0.50%, pastizal cultivado 24.04%, así como las mencionadas anteriormente.

Las áreas que no cuentan con cobertura vegetal forestal, ya sea porque se llevó a cabo el cambio de uso del suelo, por estar desprovistas de vegetación o por ser cuerpos de agua suman 16,460.43 ha.

Los tipos de vegetación primarias cubren el 27.74% del polígono del SAR. Entre estas se encuentra el Bosque Mesófilo de Montaña que cubre el 25.63% del SAR, siendo el tipo de vegetación y uso de suelo predominante, seguido del Pastizal Cultivado con su 24.04%. El segundo tipo de vegetación primaria lo ocupa el Bosque de Encino, el cual ocupa apenas el 1.54% del área total de SAR.

Los tipos de vegetación secundaria, incluyendo aquí al Pastizal Inducido, cubren el 30.05% del SAR. De estos tipos de vegetación, la Secundaria Arbustiva de Bosque Mesófilo de Montaña es la que ocupa mayor superficie abarcando el 15.20% del SAR, seguida de la Vegetación Secundaria Arbórea de Selva Alta Perennifolia y de la Vegetación Secundaria Arbórea de Bosque Mesófilo de Montaña, las cuales cubre el 6.99% y 3.72% del SAR.

Los tipos de vegetación primaria y secundaria del Bosque Mesófilo de Montaña cubren 44.55% del SAR y, los tipos de vegetación de Bosque de Encino, tanto primaria como secundaria, y sus asociaciones cubre apenas el 3.10% del polígono.

***Tabla IV.40. Clasificación de los usos de suelo y vegetación inmersos dentro de la poligonal del SAR, de acuerdo con la carta de uso de suelo y vegetación, Serie VII, del INEGI.***

| Uso de suelo y vegetación | Área (ha) | Proporción (%) |
|---|---|---|
| Agricultura de temporal anual | 4,413.32 | 11.32 |
| Agricultura de temporal anual y permanente | 1,843.46 | 4.73 |
| Agricultura de temporal permanente | 513.21 | 1.32 |
| Asentamientos humanos | 195.89 | 0.50 |
| Cuerpo de agua | 24.88 | 0.06 |
| Sin vegetación aparente | 93.42 | 0.24 |
| Bosque de Encino | 601.00 | 1.54 |
| Bosque de Encino-Pino | 76.39 | 0.20 |
| Bosque de Pino-Encino | 144.90 | 0.37 |
| Bosque Mesófilo de Montaña | 9,996.48 | 25.63 |
| Pastizal Cultivado | 9,376.26 | 24.04 |
| Pastizal Inducido | 453.78 | 1.16 |
| Vegetación Secundaria Arbórea de Bosque Mesófilo de Montaña | 1,449.03 | 3.72 |
| Vegetación Secundaria Arbórea de Selva Alta Perennifolia | 2,726.92 | 6.99 |
| Vegetación Secundaria Arbustiva de Bosque de Encino | 384.95 | 0.99 |
| Vegetación Secundaria Arbustiva de Bosque Mesófilo de Montaña | 5,927.49 | 15.20 |
| Vegetación Secundaria Arbustiva de Selva Alta Perennifolia | 429.95 | 1.10 |
| Vegetación Secundaria Herbácea de Selva Alta Perennifolia | 347.36 | 0.89 |
| **Total** | **38,998.68** | **100.00** |

A continuación, se describen los diferentes usos del suelo y vegetación presentes en el SAR, para ello se toman en cuenta los trabajos elaborados por Rzedowzky (2006), Miranda y Hernández (1963) e INEGI (2017). Su descripción se hace por grupos de uso de suelo y vegetación.

### IV.3.2.1.1. Usos de suelo

#### IV.3.2.1.1.1. Agricultura de temporal.

Los usos de suelo de agricultura de temporal que se tienen en el área del SAR son el de tipo anual, anual y permanente y permanente. Estos tres diferentes sistemas de producción agrícola, pecuario y forestal tienen como común denominador que se llevan a cabo solo con el agua pluvial, sin contar con el apoyo de la aplicación de agua de riego para lograr el producto objetivo. Al igual que a los sistemas de riego, los diferencia la longitud o temporalidad del ciclo del cultivo, existiendo los mismos ciclos, es decir, sistemas de producción anuales, permanentes, valiéndose la combinación de ciclos productivos en una misma área, es decir, cultivos de ciclo anual con cultivos permanentes.

La superficie que cubren estos usos de suelo representa el 17.36% de la superficie total del SAR. La agricultura de temporal anual es la que cubre la mayor superficie, ocupando el 11.32% del área total. A este sistema le siguen el uso de suelo de agricultura de temporal anual y permanente con el 4.73% de la superficie.

Entre las parcelas que conforman los usos de suelo de agricultura, tanto los de temporal como las permanentes, es común que se planten o dejen crecer individuos, si crecen de manera casual, de especies arbóreas y arbustivas con el objetivo de reducir el efecto del viento en los cultivos, como el acame de plantas, formando lo que comúnmente se conoce como “cortina rompevientos”. Estos individuos se plantan de forma lineal a todo lo largo del área que se quiere proteger de la acción del viento.

Las cortinas rompevientos normalmente se conforman seleccionando, produciendo y sembrando los individuos de especies preferentemente de la región, que sean resistentes a la fuerza del viento, que tengan rápido crecimiento, de copa amplia, que no tengan efecto alelopático a los cultivos que producen en las parcelas. Muchas veces se llegan a usar individuos de especies introducidas, siempre y cuando reúnan las características antes descritas.

Si bien se llegan a encontrar individuos arbóreos entre parcelas en las áreas con uso de suelo de agricultura, eso no implica que sea considerada un área forestal, ya que se trata de individuos que fueron establecidos o dejados durante el desmonte con la finalidad de ayudar en la producción agropecuaria.

#### IV.3.2.1.1.2. Pastizal cultivado e inducido

El pastizal cultivado es un agroecosistema que tiene como finalidad la producción de forraje para el pastoreo o consumo de pequeños y grandes rumiantes y equinos. Para su establecimiento se utilizan especies de gramíneas mejoradas resistentes al pastoreo y manejo intensivo. Algunas veces se forman de praderas mixtas, en la cual se asocia una o más especies de gramíneas con especies de leguminosas para mejorar la producción y calidad de forraje producido en el sistema. En el SAR este uso de suelo solo ocupa 9,376.26 ha del polígono total, lo que representa ser el 24.04% de la superficie total, el segundo uso de suelo y tipo de vegetación con mayor cobertura, solo por debajo de área cubierta por el Bosque Mesófilo de Montaña.

El pastizal inducido es una cobertura vegetal en la cual predominan las especies de gramíneas o graminoides, la cuales aparecen como una primera etapa sucesional en un área que ha sufrido una alteración natural o antrópica. En algunos lugares, este tipo de vegetación no forma parte de ninguna serie normal de sucesión de comunidades, pero se establece y perdura por efecto de un intenso y prolongado disturbio, ejercido a través de tala, incendios,

pastoreo y muchas con ayuda de algún factor del medio natural, como, por ejemplo, la tendencia a producirse cambios en el suelo que favorecen el mantenimiento del pastizal. En el SAR este uso de suelo está presente en 453.78 ha del polígono, lo que implica un 1.16% del área total.

En algunas unidades de producción, se pueden ver especies arbóreas y arbustivas creciendo en los potreros con pastizales, cuando ya se dio el cambio de uso de suelo. Estos individuos se dejan con la finalidad de que sirvan como sombreaderos naturales para los animales y, en algunas ocasiones, se trata de individuos que sirven para el forrajeo, principalmente durante la época seca cuando la producción de masa de las gramíneas disminuye. En las cercas se plantan o dejan crecer como postes vivos, intercalándose con postes secos de madera, generalmente se utilizan especies arbustivas o arbóreas nativas y, en algunas ocasiones, se utilizan especies introducidas.

#### IV.3.2.1.1.3. Otros usos de suelo sin cobertura vegetal forestal

Dentro de los usos de suelo presentes en el área bajo estudio se identificó la presencia de áreas a las que les fue cambiado el uso forestal o simplemente su conformación de origen impidió el crecimiento de especies de flora silvestre, como la configuración de algunos cuerpos de agua que no cuentan con vegetación hidrófila. En nuestra área de estudio se tienen áreas que tienen un uso de suelo que implicó la remoción y la falta de cobertura vegetal forestal, como la presencia de cuerpos de agua, áreas desprovistas de vegetación y sin un uso aparente y los asentamientos humanos.

**A) Cuerpos de agua**

Los cuerpos de agua en el SAR están representados por la laguna Atezca, la cual se ubica aproximadamente 4.66 km al sur del área del tajo Naopa. Este cuerpo de agua se ubica al noroeste de la cabecera municipal de Molango de Escamilla, cubre una superficie aproximada de 24.88 ha, de acuerdo con la carta de uso de suelo y vegetación serie VII, y tiene una profundidad media de 6.4 m.

Los cuerpos de agua de este tipo llegan a funcionar como hábitat para la avifauna acuática, donde pueden encontrar sitios de refugio y alimentación. Mucha de esta avifauna comprende especies migratorias. Asimismo, pueden ser zonas de producción pesquera muy importantes para alimentación de la avifauna, principalmente.

**B) Desprovisto de vegetación**

Son aquellas superficies donde la vegetación natural o inducida ha sido eliminada por diferentes actividades humanas o naturales. La identificación de estas categorías se basa en la interpretación de las imágenes de satélite y que se incluyen como parte de las labores de actualización de la información de uso del suelo y vegetación. Este uso del suelo dentro del SAR es de los que ocupa menor superficie con sus 93.42 ha.

**C) Asentamientos humanos**

Este tipo de ocupación territorial no implica una relevante posición en cuanto a su superficie dentro del SAR con apenas el 0.50% de la superficie del SAR, básicamente porque no existe un centro poblacional de gran magnitud.

No obstante, su relevancia estriba en la función que representa el uso en el desarrollo social de las comunidades asentadas en la región.

#### IV.3.2.1.2. Tipos de vegetación en el SAR

En el área del SAR se identificó la presencia de 10 diferentes tipos de vegetación clasificada como forestal, cuatro tipos de vegetación se clasifican como vegetación primaria y seis como vegetación secundaria. Entre los 10 diferentes tipos de vegetación cubren 22,084.46 ha, el 56.63% del SAR, 28.89% de la vegetación secundaria y 27.74% de la vegetación primaria.

La vegetación primaria es aquella en la que la cobertura vegetal forestal no presenta alteración a su conformación original. Y, por otro lado, la vegetación secundaria representa a aquella cobertura vegetal forestal en recuperación después de haber sido alterada por actividades antrópicas o naturales, dando origen a una comunidad vegetal significativamente diferente a la original, marcada por una estructura y composición florística heterogénea que varía de acuerdo con la etapa de sucesión en que se encuentre.

Los tipos de vegetación primaria que se encuentran dentro del SAR son: Bosque de encino, bosque de encino – pino, bosque de pino – encino y bosque mesófilo de montaña. Los tipos de vegetación secundaria reportadas son: vegetación secundaria arbustiva de bosque de encino, vegetación secundaria arbórea de bosque mesófilo de montaña, vegetación secundaria arbustiva de bosque mesófilo de montaña, vegetación secundaria arbórea de selva alta perennifolia, vegetación secundaria arbustiva de selva alta perennifolia y vegetación secundaria herbácea de selva alta perennifolia.

A continuación, se presenta la descripción realizada por el INEGI (2017) a estos tipos de vegetación.

##### IV.3.2.1.2.1. Bosque de encino (BQ)

El INEGI (2017c) lo describe como vegetales de amplia distribución a nivel nacional, encontrándose en casi todo el país, especialmente en la Sierra Madre Occidental, Sierra Madre Oriental y Eje Neovolcánico, con excepción en la Península de Yucatán. Este tipo de vegetación se distribuye en climas cálidos, templados húmedos, subhúmedos a secos, con temperaturas anuales que van de los 10 a 26°C y una precipitación media anual que varía de 350 a 2,000 mm. Se desarrolla en muy diversas condiciones ecológicas desde el nivel del mar hasta los 3,000 m de altitud.

El tamaño de los árboles varía de los cuatro hasta los 30 m de altura y los hay desde bosques abiertos a muy densos. Estas comunidades están formadas por diferentes especies de encinos o robles del género *Quercus* (más de 200 especies en México). Este bosque se encuentra generalmente como una transición entre los bosques de coníferas y las selvas. Este tipo de comunidad vegetal es común encontrarla muy relacionado con los bosques de pino, formando una serie de mosaicos complejos.

Las especies más comunes de estas comunidades son el encino laurelillo (*Quercus laurina*), el encino nopis (*Q. magnoliifolia*), el encino blanco (*Q. candicans*), el roble (*Q. crassifolia*), el encino quebracho (*Q. rugosa*), el encino tesmolillo (*Q. crassipes*), el encino cucharo (*Q. urbanii*), el charrasquillo (*Q. microphylla*), el encino colorado (*Q. castanea*), el encino prieto (*Q. laeta*), el laurelillo (*Q. mexicana*), *Q. glaucoides, Q. scytophylla* y en zona tropicales *Quercus oleoides*. Son árboles perennifolios o caducifolios con un periodo de floración y fructificación variable,

aunque generalmente la floración se da en la época seca del año de diciembre a marzo, y los frutos maduran entre junio y agosto.

Este tipo de vegetación se encuentra cubriendo 601.00 ha, el 1.54% del polígono del SAR.

#### IV.3.2.1.1.2.2. Bosque de encino – pino (BQP)

Este tipo de asociación vegetal está conformada por ejemplares de las especies de encinos (*Quercus* spp.) y pino (*Pinus* spp.), donde predominan los ejemplares de encino sobre los de pino. Se trata de árboles perennifolios y caducifolios, la floración y fructificación es variable durante todo el año.

Este tipo de vegetación se desarrolla principalmente en áreas de mayor importancia forestal, en los límites altitudinales inferiores de los bosques de pino-encino. Estas comunidades muestran menor porte y altura que aquellos donde domina el pino sobre el encino con una altura de 8 a 35 m.

Se distribuye principalmente en los sistemas montañosos del país, concentrándose la mayor parte en: Sierra Madre Occidental, Eje Neovolcánico y Sierra Madre del Sur y en menor proporción en la Sierra Madre Oriental, Cordillera Centroamericana, Sierras de Chiapas y Guatemala, Llanura Costera del Golfo Norte, Mesa del Centro y Península de Baja California.

Las especies que conforman esta comunidad vegetal se caracterizan por crecer en climas templados, semifríos, semicálidos, cálidos húmedos y subhúmedos con lluvias en verano, con una temperatura que oscila entre los 10 y 28ºC y una precipitación total anual que varía desde los 600 a 2,500mm, en cuanto a la altitud oscila desde los 300 y 2,800m. Se establecen en suelos como leptosoles, luvisoles, regosoles, feozems y en menor proporción los durisoles y umbrisoles.

Las especies más representativas en esta comunidad, de acuerdo con lo mencionado por el INEGI son: encino laurelillo (*Quercus laurina*), encino nopis (*Q. magnoliifolia*), encino blanco (*Q. candicans*), roble (*Q. crassifolia*), encino quebracho (*Q. rugosa*), encino tesmolillo (*Q. crassipes*), encino cucharo (*Q. urbanii*), charrasquillo (*Q. microphylla*), encino colorado (*Q. castanea*), encino prieto (*Q. laeta*), laurelillo (*Q. mexicana*), *Q. glaucoides*, *Q. scytophylla*, pino chino (*Pinus leiophylla),* ocote blanco *(P. montezumae*), pino lacio (*P. pseudostrobus*), pino (*P. rudis*), pino escobetón (*P. devoniana* o *P. michoacana*), pino chino (*P. teocote),* ocote trompillo (*P. oocarpa*), pino ayacahuite (*P. ayacahuite*), pino (*P. pringlei*), *P. duranguensis*, *P. chihuahuana*, *P. engelmanni*, *P. lawsonii*, y *P. oaxacana*.

Este tipo de vegetación se encuentra cubriendo 76.39 ha, el 0.20% del polígono del SAR.

#### IV.3.2.1.1.2.3. Bosque de pino – encino (BPQ)

El bosque de pino – encino es una comunidad vegetal que está conformada por diferentes especies de pino (*Pinus* spp.) y encino (*Quercus* spp.), pero con clara dominancia en cuanto abundancia de las especies de pino. Lo integran árboles perennifolios y caducifolios, con floración y fructificación variables durante todo el año, los cuales llegan a alcanzar alturas de entre 8 y 35 m de altura.

Se distribuyen en la Sierra Madre Oriental, la Sierra Madre Occidental, el Eje Neovolcánico y la Sierra Madre del Sur, en climas templados, semifríos, semicálidos y cálidos húmedos y subhúmedos con lluvias en verano, con

temperaturas que oscilan entre los 10 y 28ºC y una precipitación que va de los 600 a los 2,500 mm anuales. Se concentran entre los 1,200 y los 3,200 m, y se presentan en todas las exposiciones. Se establecen en sustrato ígneo y en menor proporción, sedimentario y metamórfico, sobre suelos tanto someros como profundos y rocosos principalmente cambisoles, leptosoles, luvisoles, regosoles, entre otros.

Algunas de las especies más comunes son pino chino (*Pinus leiophylla*), pino *(P. hartwegii*), ocote blanco (*P. montezumae*), pino lacio (*P. pseudostrobus*), pino escobetón (P. devoniana), pino chino (*P. teocote*), ocote trompillo (*P. oocarpa*), pino ayacahuite (*P. ayacahuite*), pino (*P. pringlei*), *P. durangensis, P. leiophylla* var. *chihuahuana, P. engelmannii, P. lawsonii, P. pseudostrobus* var. *apulcensis*, encino laurelillo (*Quercus laurina*), encino (*Q. magnoliifolia*), encino blanco (*Q. candicans*), roble (*Q. crassifolia*), encino quebracho (*Q. rugosa*), encino tesmolillo (*Q. crassipes*), encino cucharo (*Q. urbanii*), charrasquillo (*Q. microphylla*), encino colorado (*Q. castanea*), encino prieto (*Q. laeta*), laurelillo (*Q. mexicana*), *Q. glaucoides,* y *Q. scytophylla,* entre otras muchas especies de encinos.

Este tipo de vegetación se encuentra cubriendo 144.90 ha, el 0.37% del polígono del SAR.

#### IV.3.2.1.2.4. Bosque mesófilo de montaña

El bosque mesófilo de montaña, también conocido como bosque de niebla, es una comunidad vegetal que se desarrolla en regiones montañosas con alta humedad y neblinas frecuentes. Se encuentra en altitudes que van desde los 600 hasta los 3,000 metros sobre el nivel del mar, donde las precipitaciones anuales suelen exceder los 1,500 mm y las temperaturas oscilan entre los 12 y 18ºC. Este tipo de vegetación se caracteriza por la presencia de árboles de hoja ancha y perenne, lianas, epífitas y una densa cobertura de musgos y helechos que tapizan el suelo y los troncos de los árboles.

En México su distribución es limitada y fragmentaria, en la vertiente este de la Sierra Madre Oriental existe una franja angosta que se extiende desde Tamaulipas hasta el norte de Oaxaca, incluyendo parte de San Luis Potosí, Hidalgo, Puebla y Veracruz. En Chiapas se desarrolla en la vertiente septentrional de la Sierra de Chiapas y Guatemala y en ambos declives de la Cordillera Centroamericana. En la vertiente del Pacífico la distribución es más dispersa, desde el norte de Sinaloa, Nayarit, Jalisco, Colima y Michoacán. En la vertiente exterior de la Sierra Madre del Sur de Guerrero y Oaxaca se presentan manchones continuos.

El Bosque Mesófilo de Montaña posee estructura, afinidad florística y composición de especies muy diversa, en México se caracteriza por presentar en su dosel una composición de especies donde predominan árboles de hoja perenne y caducifolios de clima templado con alturas de 10 a 25 m y aún mayores. En las copas de los árboles abundan las epífitas debido a la alta humedad atmosférica y a las abundantes lluvias, de las familias Orchidaceae, Bromeliaceae, Piperaceae y Araceae. Una de las características más sobresalientes de este bosque es el alto número de endemismos que alberga. Se puede encontrar alrededor del 11% de las especies de plantas de todo el país.

El estrato arbóreo y arbustivo está conformado por una gran diversidad de especies, entre las que se mencionan: micoxcuáhuitl (*Oreomunnuea mexicana*), lechillo (*Carpinus caroliniana*), liquidámbar (*Liquidambar styraciflua*), encino, roble (*Quercus* spp.), pino ocote (*Pinus* spp.), tila (*Ternstroemia pringlei*), jaboncillo (*Clethra* spp.), *Podocarpus* spp., *Styrax* spp., *Ulmus mexicana*, *Juglans* spp., *Dalbergia* spp., *Eugenia* spp., *Ostrya virginiana*, *Meliosma* spp., *Chiranthodendron pentadactylon*, *Prunus* spp., *Matudaea trinervia* y *Acer skutchii*, entre otras. Y, el sotobosque está conformado principalmente por especies tropicales perennifolias, como por ejemplo arbustos de los géneros *Archibaccharis* sp., *Celastrus* sp., *Clematis* sp., *Gelsemium* sp., *Parthenocissus* sp., *Philadelphus* sp., *Rhus* sp., *Smilax* sp., *Vitis* sp., etc.,

Este tipo de vegetación se encuentra cubriendo 9,996.48 ha, el 25.63% del polígono del SAR.

#### IV.3.2.1.3. Vegetación secundaria

En las comunidades vegetales existen elementos de disturbio que alteran o modifican la estructura o incluso cambian la composición florística de la comunidad en forma natural, entre alguno de esos elementos podemos citar: Incendios, huracanes, erupciones, heladas, nevadas, sequías, inundaciones, deslaves, plagas, variaciones climáticas, etcétera.

Así, las comunidades vegetales responden a estos elementos de disturbio, o cambio, modificando su estructura y composición florística de manera muy heterogénea, de acuerdo con la intensidad del elemento de disturbio, la duración de este y sobre todo de la ubicación geográfica del tipo de vegetación.

A lo largo de miles de años varias especies se han adaptado a cubrir, por decirlo de alguna manera, esas áreas afectadas en las cuales las condiciones ecológicas particulares de la comunidad vegetal se han alterado. En general, cada comunidad vegetal tiene un grupo de especies que cubren el espacio alterado, son pocas las especies que tienen un amplio espectro de distribución y aparecen en cualquier área perturbada.

Estas especies forman fases sucesionales conocidas como “Vegetación Secundaria” que en forma natural y con el tiempo pueden favorecer la recuperación de la vegetación original. Actualmente y a causa de la actividad humana, la definición y delimitación de vegetación secundaria se ha vuelto más compleja, ahora las áreas afectadas ocupan grandes superficies y variados ambientes, ya no son tan localizadas y a veces la presión es tanta que inhibe el desarrollo de esta provocando una vegetación inducida.

A causa de la complejidad para definir los tipos de fases sucesionales, dada su heterogeneidad florística, ecológica y su difícil interpretación, aún en campo; con base en las formas de vida presentes y su altura, se consideran tres fases:

- Vegetación secundaria herbácea.
- Vegetación secundaria arbustiva.
- Vegetación secundaria arbórea.

Para el caso particular del SAR en el cual se encuentra inmerso el proyecto **Distrito Minero Autlán**, los tipos sucesionales de vegetación secundaria son:

- Vegetación secundaria arbustiva de bosque de encino.
- Vegetación secundaria arbórea de bosque mesófilo de montaña.
- Vegetación secundaria arbustiva de bosque mesófilo de montaña.
- Vegetación secundaria arbórea de selva alta perennifolia.
- Vegetación secundaria arbustiva de selva alta perennifolia.
- Vegetación secundaria herbácea de selva alta perennifolia.

Estos seis tipos de vegetación secundaria cubre 11,265.70 ha, el 28.89% del SAR.

Adicional a los usos de suelo y vegetación referidos en la carta de usos de suelo y vegetación de la serie VII del INEGI, durante los trabajos de campo de identificó la presencia de bosque de galería. Este tipo de vegetación se encontró formando franjas angostas a orilla de los mayores cauces superficiales de la región, sin importar que la mayoría de estos son cauces temporales.

INEGI (2017) describe a este tipo de vegetación como una comunidad arbórea que forma franjas angostas en los márgenes de los ríos o arroyos, generalmente en regiones con clima de templado a seco. Su presencia en la orilla de los cauces se debe a que estas zonas tienen las condiciones favorables de humedad edáfica, además de que las especies que la conforman soportan inundaciones temporales.

La altura de los ejemplares arbóreos va de los 4.0 hasta los 30.0 m, con especies perennifolias, subcaducifolias o hasta caducifolias.

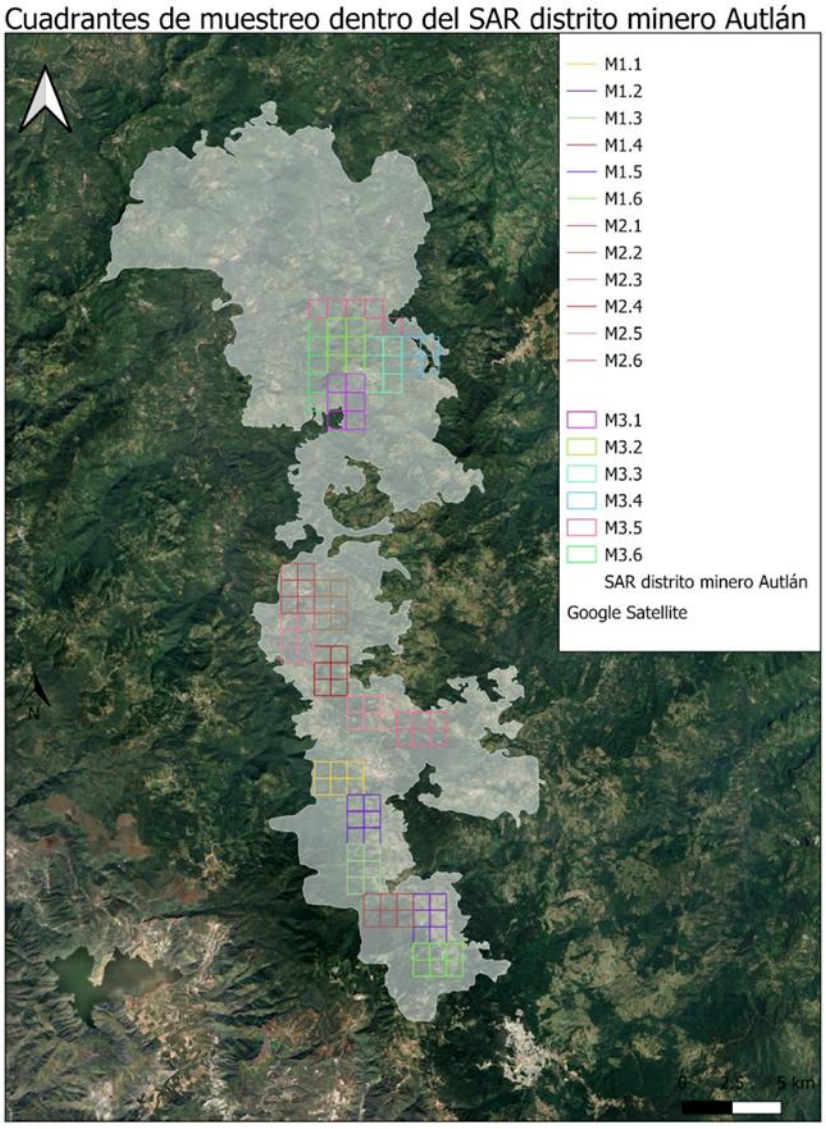
Son frecuentes los bosques de galería formados por sabino o ahuehuete (*Taxodium mucronatum*) en el norte del país, así como de otras especies como sauces (*Salix* spp.), fresnos (*Fraxinus* spp.), álamos (*Populus* spp.), sicómoro aliso o álamo (*Platanus* spp.) y *Astianthus viminalis.*

## IV.3.2.2. Flora silvestre en el SAR del proyecto

### IV.3.2.2.1. Metodología de muestreo de flora silvestre

Para conocer la composición florística en el área del SAR se diseñó e implementó un muestreo para caracterizar la diversidad florística en la región. La planeación del muestreo tomó en consideración el polígono del SAR, la diversidad y distribución de las comunidades vegetales mencionadas en la carta de usos de suelo y vegetación, escala 1:250,000, serie VII del INEGI, la ubicación de los tajos de la Compañía Minera Autlán y las áreas donde se pretenden desarrollar las obras y actividades descritas en el capítulo II de esta MIA-R.

Para el muestreo se implementó un muestreo sistemático a ejecutarse en tres tiempos. El polígono del SAR se dividió en tres zonas, acorde con la distribución de la realización de las obras y actividades consideradas en el presente estudio, cada una a muestrearse en cada uno de los tiempos de muestreo considerados en la planeación. Cada zona se subdividió, a su vez, en subáreas y cuadrantes de 1.0 $km^2$, cuadrante en el cual se ubicó un sitio de muestreo acorde con el grado de conservación de la vegetación presente en el área (Figura IV.59). Este diseño se seleccionó con la finalidad de asegurar una mayor cobertura y representatividad del área de muestreo, lo que lleva, al final, a tener una caracterización más precisa de la diversidad florística de la región.


Cuadrantes de muestreo dentro del SAR distrito minero Autlán
M1.1
M1.2
M1.3
M1.4
M1.5
M1.6
M2.1
M2.2
M2.3
M2.4
M2.5
M2.6
M3.1
M3.2
M3.3
M3.4
M3.5
M3.6
SAR distrito minero Autlán
Google Satellite
N
0
2.5
5 km

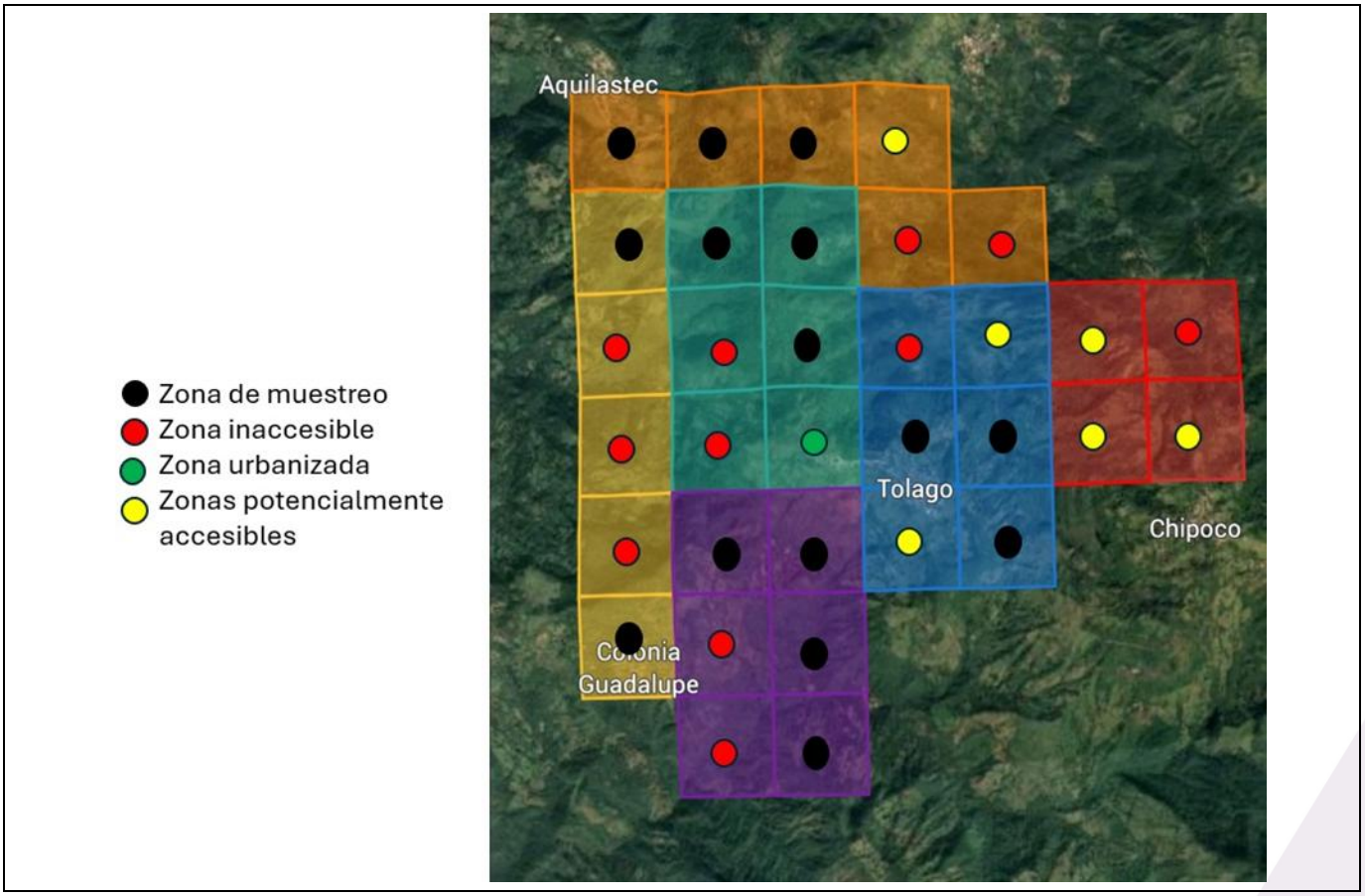
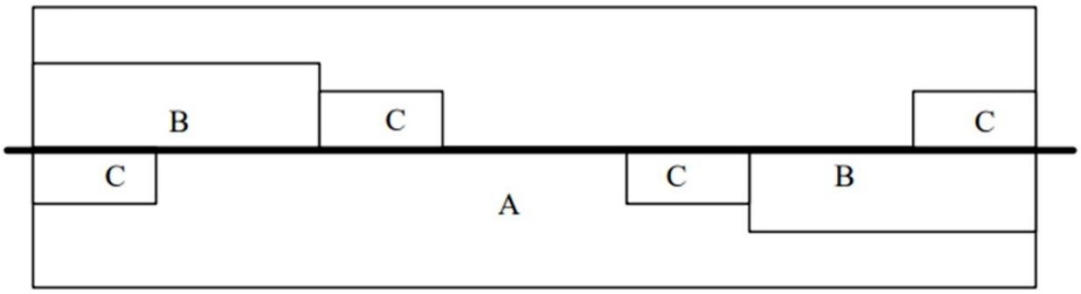



*Figura IV.59. Diseño y establecimiento del muestreo de flora silvestre en campo dentro del polígono del SAR del proyecto.*

El muestreo en campo, dentro de cada cuadrante, consistió en realizar transectos lineales de 200 m con 5 m a cada lado de la línea, siendo el cuadrante general de muestreo (Figura IV.60). La ubicación de los transectos fue designada de manera estratégica dentro de los subpolígonos divididos para cada unidad (Molango, Naopa y Nonoalco), ubicándolos en la zona donde se encontrara gran parte del área forestal conservada.

En cada transecto se identificaron todos los árboles que presentaran un diámetro a la altura de pecho (DAP) ≥ 10 cm y con una altura mínima de 3.0 m. Además, en cada sitio de muestreo delimitado se realizó una búsqueda intensiva de manera dirigida para identificar ejemplares con otro hábito de crecimiento, como arbustos, herbáceas y enredaderas, de acuerdo con el diseño de muestreo presentado y descrito en la Figura IV.60.

Para cada árbol se anotó la especie, DAP, cobertura y altura total del individuo. Los ejemplares que no pudieron ser identificados en campo se obtuvo un registro fotográfico, además de obtener ejemplares que fueron colectados y almacenados en prensas botánicas para su posterior identificación de acuerdo con lo propuesto por Ricker y Rincón (2013).




Diseño de los transectos utilizados para el muestreo de la vegetación. La línea gruesa y central indica la senda a partir de la cual se muestrea ambos lados del transecto A. El transecto A es el más grande y se utiliza para muestrear árboles mayores de 10 cm de DAP (puede ser de 10x100 m). Los transectos B generalmente son de tamaños menores (por ejemplo: 4x25 m) y sirven para muestrear árboles menores a 10 cm de DAP y mayores a 2 m de altura. Los transectos C son de tamaño mucho menor (por ejemplo: 1x4 m, 2x5 m) y sirven para muestrear hierbas y arbustos menores a 2 m de altura. A medida que se va reduciendo el área de muestreo, se debe aumentar el número de muestras.

*Figura IV.60. Descripción gráfica del muestreo en transectos lineales para árboles, arbustos y especies herbáceas.*

Los muestreos para caracterizar la flora silvestre se realizaron en tres diferentes fechas. El primero se efectuó del 04 al 09 de septiembre de 2024; el segundo del 28 de septiembre al 04 de octubre de 2024 y, el tercero tuvo lugar del 11 al 16 de noviembre de 2024. Al final de los tres periodos de muestreo, resultó que en total de muestrearon 16 sitios de los 32 posibles. En campo se descartaron todos aquellos en los que dominaba el uso de suelo de asentamientos humanos, predominara el uso de suelo agropecuario y en los que representara un riesgo ingresar (por cuestiones de seguridad de los técnicos de campo).

La información obtenida en campo permitió evaluar cambios en la estructura vegetal en las distintas zonas muestreadas, particularmente entre los diferentes tipos de vegetación presentes. Por esta razón, se decidió realizar un análisis cuantitativo de la estructura vegetal mediante la estimación del Índice de Valor de Importancia (IVI). Esta variable descriptiva de la cobertura vegetal se analizó para jerarquizar las especies arbóreas. Los valores obtenidos van de 0-3 considerando las siguientes variables: la abundancia total (A), abundancia relativa (AR), frecuencia absoluta (F), frecuencia relativa (FR), dominancia absoluta (D) y dominancia relativa (DR) para las especies vegetales (Mueller-Dombois y Ellenberg, 1974; Mostacedo y Fredericksen, 2000).

#### IV.3.2.2.2. Caracterización de la flora silvestre en el SAR

La lista de especies de flora silvestre observadas e identificadas en los muestreos realizados en el SAR del proyecto arrojó un listado general conformado por 252 especies (Tabla IV.41). El total de las especies pertenecen a 48 órdenes, 94 y 173 géneros.

Los órdenes Polypodiales y Lamiales son los que agrupan mayor cantidad de familias, siendo 11 en cada uno de ellos. La diferencia entre estos órdenes estriba en que el orden Polypodiales está representado por 31 géneros y 64 especies, agrupando muchas especies representativas del bosque que se desarrollan en climas templados, como mesófilo de montaña, encino y pino; y, el orden Lamiales está conformado por 20 géneros y 24 especies, con

especies de selva alta perennifolia de diversas etapas sucesionales. Estos dos órdenes son los que agrupan una mayor diversidad.

En segundo y tercer con el mayor número de familias entre los 48 órdenes, se encuentran el orden Sapindales con cinco familias y siete géneros y mismo número de especies y el orden Rosales con cuatro familias, siete géneros y 10 especies. De los 44 órdenes restantes, seis de ellos agrupan tres familias, mismo número de órdenes con dos familias y 31 una sola familia.

El orden Fabales destaca por estar representado únicamente por la familia Fabacea, comúnmente conocidas como leguminosas, con la característica de estar representado por 15 géneros y mismo número de especies. Las especies identificadas resultan ser representativas de vegetación de selva en diferentes etapas sucesionales.

Las familias Pteridacea y Polypodiaceae, del orden Polypodiales, que agrupan a las especies comúnmente conocidas como helechos, resultaron ser las familias con mayor diversidad. La primera de ellas está conformada por 12 géneros y 18 especies y, la segunda por siete géneros y 17 especies. En tercer lugar, se ubica la familia Fabacea con sus 15 géneros y especies.

El orden Fagales, entre las especies identificadas, está representado por tres familias, cuatro géneros y 14 especies. La familia Fagaceae resultó ser la más diversa con 10 especies de encinos, por lo que, todas pertenecen al género Quercus. Las especies de este orden son las que se encuentran principalmente formando parte de los bosques de encino, encino – pino y pino – encino.

Cuando se habla de bosques mixtos, como el encino – pino y pino – encino, además de encontrar especies Fagales, y más específicamente de las Fagáceas, también se encuentran especies del orden Pinales. En los sitios de muestreo se identificó la presencia de tres especies de este orden pertenecientes a tres familias: Cupressaceae, Pinaceae y Podocarpaceae.

Considerando el hábito de crecimiento de las especies identificadas durante los muestreos en el área del SAR, se encontró mayor predominancia de las especies herbáceas sobre las arbóreas, arbustivas y enredaderas, con 141, 60, 42 y nueves especies, en el orden antes citado.

De las 64 especies del orden Polypodiales, 58 de ellas son herbáceas y las seis restantes arbustivas, así como las ocho orquidáceas del orden Asparagales. Especies a las que se les unen las cinco herbáceas del orden Pteridales, también conocidos como helechos. Esto significa que el 50.35% de las especies herbáceas identificadas son helechos y orquídeas. Las especies de estos órdenes crecen principalmente en tipos de vegetación de climas templados, como mesófilo de montaña, encino, pino y sus asociaciones.

Las 14 especies de Fagales, que agrupa a los encinos, ailes (también ampliamente conocidos como alisos) y el nogal, son especies arbóreas, sin identificar alguna especie con hábito de crecimiento arbustivo o herbáceo en este orden. Estas especies son más comunes de encontrar en los bosques de encino, encino – pino y pino – encino.

***Tabla IV.41. Listado general de especies de flora silvestre identificados en los muestreos realizados en el SAR del proyecto incluyendo las unidades del Distrito Minero Autlán, así como la identificación de la categoría de riesgo y clasificación en la lista roja de la UICN.***

| ID | Orden | Familia | Nombre común | Nombre científico | Hábito | Unidad Molango | Unidad Naopa | Unidad Nonoalco | NOM-059§ | UICN§§ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | Alismatales | Araceae | Piñanona | *Monstera acuminata K.Koch* | Herbácea | X | | X | --- | --- |
| 2 | | | Monstera | *Monstera friedrichsthalii Schott* | Herbácea | --- | X | X | --- | --- |
| 3 | | | Syngonio | *Syngonium neglectum Schott* | Herbácea | X | X | X | --- | --- |
| 4 | | | Syngonio | *Syngonium podophyllum Schott* | Herbácea | X | --- | --- | --- | --- |
| 5 | | | Hoja elegante | *Xanthosoma robustum Schott* | Herbácea | X | X | X | --- | --- |
| 6 | | | Oreja de elefante | *Xanthosoma sagittifolium (L.) Schott* | Herbácea | X | X | X | --- | --- |
| 7 | Apiales | Araliaceae | Zapotillo | *Dendropanax arboreus (L.) Decne. & Planch.* | Arbórea | X | --- | --- | --- | LC |
| 8 | Arecales | Arecaceae | Camedor de cambray | *Chamaedorea elegans Liebm. ex Mart.* | Herbácea | --- | X | X | --- | --- |
| 9 | | | Tepejilote | *Chamaedorea microspadix Burret* | Herbácea | --- | X | X | A | LC |
| 10 | Asparagales | Hypoxidaceae | Estrella amarilla mexicana | *Hypoxis decumbens L.* | Herbácea | --- | X | --- | --- | --- |
| 11 | | Orchidaceae | Orquídea | *Epidendrum chlorocorymbos Schltr.* | Herbácea | X | --- | --- | --- | --- |
| 12 | | | Orquídea | *Epidendrum propinquum A.Rich. & Galeotti* | Herbácea | X | --- | --- | --- | --- |
| 13 | | | Orquídea | *Isochilus unilateralis B.L.Rob.* | Herbácea | X | --- | --- | --- | --- |
| 14 | | | Azucena de monte | *Maxillaria variabilis Bateman ex Lindl.* | Herbácea | X | --- | --- | --- | --- |
| 15 | | | Orquídea enana blanca | *Nidema boothii (Lindl.) Schltr.* | Herbácea | X | --- | --- | --- | --- |
| 16 | | | Cepillo | *Notylia barkeri Lindl.* | Herbácea | X | --- | --- | --- | --- |
| 17 | | | Orquídea dama amarilla | *Oncidium sphacelatum Lindl.* | Herbácea | X | --- | --- | --- | --- |
| 18 | | | Orquídea pulpito | *Prosthechea cochleata (L.) W.E.Higgins* | Herbácea | X | --- | --- | --- | --- |
| 19 | Asterales | Asteraceae | Cola de zorra | *Acourtia moschata (La Llave) DC* | Arbustiva | --- | --- | X | --- | --- |
| 20 | | | Ageratina | *Ageratina brevipes (DC.) R.M. King et H. Rob* | Herbácea | X | X | X | --- | --- |
| 21 | | | Ageratina | *Ageratina cardiophylla (B.L. Rob.) R.M. King et H. Rob.* | Arbustiva | --- | X | X | --- | --- |

| ID | Orden | Familia | Nombre común | Nombre científico | Hábito | Unidad Molango | Unidad Naopa | Unidad Nonoalco | NOM-059§ | UICN§§ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 22 | | | Estrellita | *Ageratina espinosarum (A. Gray) R.M. King et H. Rob.* | Arbustiva | --- | X | X | --- | --- |
| 23 | | | Chichitlaco | *Ageratina ligustrina (DC.) R.M. King et H. Rob.* | Arbustiva | --- | X | X | --- | LC |
| 24 | | | Ageratina | *Ageratina lucida (Ortega) R.M. King et H. Rob.* | Arbustiva | --- | X | X | --- | --- |
| 25 | | | Azomiate | *Barkleyanthus salicifolius (Kunth) H. Rob. & Brettell* | Arbórea | X | --- | --- | --- | LC |
| 26 | | | Dalia | *Dahlia coccinea Cav.* | Herbácea | X | X | X | --- | --- |
| 27 | | | Chalchuan | *Erigeron karvinskianus DC* | Herbácea | --- | X | --- | --- | --- |
| 28 | | | Gordolobo | *Pseudognaphalium ehrenbergianum (Sch. Bip. ex Klatt) Hinojosa et Villaseñor* | Arbustiva | --- | X | X | --- | --- |
| 29 | | | Symphyotrichum | *Symphyotrichum schaffneri (Sch. Bip. ex S.D. Sundb. et A.G. Jones) G.L. Nesom* | Herbácea | --- | X | X | --- | --- |
| 30 | | | Anís | *Tagetes micrantha Cav.* | Herbácea | X | X | X | --- | --- |
| 31 | | Campanulaceae | Chilpanxochitl | *Lobelia laxiflora Kunth* | Arbustiva | X | X | X | --- | --- |
| 32 | | Verbenaceae | Árnica de la costa | *Verbesina fastigiata B.L.* | Arbustiva | --- | X | X | --- | LC |
| 33 | Blechnales | Blechnaceae | Helecho de Cadena | *Woodwardia semicordata Mickel et Beitel.* | Herbácea | --- | X | X | --- | - |
| 34 | Boraginales | Namaceae | Nama | *Nama jamaicensis L.* | Herbácea | --- | --- | X | --- | - |
| 35 | Caryophyllales | Cactaceae | Cola de caballo | *Rhipsalis baccifera* | Herbácea | X | --- | --- | --- | LC |
| 36 | | Phytolaccaceae | Jaboncillo | *Phytolacca rivinoides Kunth* | Arbustiva | --- | X | X | --- | - |
| 37 | | Polygoniaceae | Chilitos | *Persicaria segetum (Kunth) Smal* | Herbácea | --- | X | X | --- | - |
| 38 | Celastrales | Celastraceae | Euonymus | *Euonymus mexicanus Benth.* | Arbustiva | --- | --- | X | --- | EN |
| 39 | | | Algodoncillo | *Wimmeria concolor Cham. & Schltdl.* | Arbustiva | X | --- | --- | --- | VU |
| 40 | Commelinales | Commelinaceae | Velo de novia | *Gibasis pellucida (M. Martens et Galeotti) D.R. Hunt* | Herbácea | --- | X | --- | --- | --- |
| 41 | | | Lluvia | *Tradescantia commelinoides Schult. & Schult.f.* | Herbácea | X | --- | --- | --- | --- |
| 42 | Cucurbitales | Begoniaceae | Begonia | *Begonia barkeri Knowles et Westc.* | Herbácea | --- | X | X | --- | --- |

| ID | Orden | Familia | Nombre común | Nombre científico | Hábito | Unidad Molango | Unidad Naopa | Unidad Nonoalco | NOM-059§ | UICN§§ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 43 | | | Ala de ángel | *Begonia incarnata Link et Otto* | Herbácea | X | X | X | --- | --- |
| 44 | Cyatheales | Cyathaceae | Pesma | Cyathea divergens Kunze | Arbustiva | X | X | X | Pr | --- |
| 45 | | | Maquique | *Alsophila firma (Baker) D.S.Conant* | Arbustiva | X | --- | --- | P | --- |
| 46 | | Dicksoniaceae | Helecho cabeza de chivo | *Lophosoria quadripinnata (J.F Gmel)* | Herbácea | X | X | X | --- | --- |
| 47 | | Zamiaceae | Camotillo | *Zamia loddigesii Miq.* | Arbustiva | --- | --- | X | A | NT |
| 48 | Dioscoreales | Dioscoreaceae | Barbasco | *Dioscorea composita Hemsl.* | Enredadera | --- | X | X | --- | --- |
| 49 | | | Bejuco de biznaga | *Dioscorea remotiflora Kunth* | Enredadera | --- | X | X | --- | --- |
| 50 | Dipsacales | Adoxaceae | Tilo | *Sambucus canadensis L.* | Arbórea | X | --- | --- | --- | --- |
| 51 | Equisetales | Equisetaceae | Equiseto gigante | *Equisetum myriochaetum Schltdl. et Cham* | Herbácea | --- | --- | X | --- | --- |
| 52 | Ericales | Clethraceae | Paulla | *Clethra alcoceri Greenm.* | Arbórea | --- | X | X | --- | VU |
| 53 | | | Mamojuaxtle | *Clethra mexicana DC.* | Arbórea | --- | X | X | --- | LC |
| 54 | | Polemoniaceae | Cobaea | *Cobaea stipularis Benth.* | Enredadera | --- | X | X | --- | --- |
| 55 | Fabales | Fabaceae | Guajillo | *Acaciella angustissima (Mill.) Britton et Rose* | Arbustiva | --- | X | X | --- | LC |
| 56 | | | Amicia | *Amicia zygomeris DC.* | Herbácea | --- | X | X | --- | --- |
| 57 | | | Calzoncillo | *Bauhinia divaricata L.* | Arbórea | X | --- | --- | --- | LC |
| 58 | | | Campanilla | *Centrosema pubescens Benth* | Herbácea | --- | X | --- | --- | --- |
| 59 | | | Palo escrito | *Dalbergia palo-escrito Rzed. et Guridi-Gómez* | Arbórea | X | X | X | --- | --- |
| 60 | | | Pegapega | *Desmodium callilepis Hemsl.* | Herbácea | --- | X | X | --- | --- |
| 61 | | | Flor de gallito | *Diphysa americana (Mill.) M. Sousa* | Arbórea | X | --- | --- | --- | LC |
| 62 | | | Colorín | *Erythrina americana Mill.* | Arbórea | X | X | --- | --- | LC |
| 63 | | | Tepeguaje dormilón | *Leucaena leucocephala (Lam.) de Wit* | Arbustiva | X | --- | --- | --- | - |
| 64 | | | Lonchocarpus | *Lonchocarpus hidalguensis Lundell* | Arbórea | --- | --- | X | --- | - |
| 65 | | | Mauto | *Lysiloma divaricatum (Jacq.) J.F.Macbr.* | Arbórea | X | --- | --- | --- | LC |
| 66 | | | Dormilona grande | *Mimosa albida Humb. & Bonpl. ex Willd.* | Arbórea | X | --- | --- | --- | --- |
| 67 | | | Frijol terciopelo | *Mucuna pruriens (L.) DC.* | Herbácea | X | --- | --- | --- | --- |

| ID | Orden | Familia | Nombre común | Nombre científico | Hábito | Unidad Molango | Unidad Naopa | Unidad Nonoalco | NOM-059§ | UICN§§ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 68 | | | Frijol ayocote | *Phaseolus coccineus L.* | Herbácea | X | X | X | --- | --- |
| 69 | | | Huizache | *Vachellia farnesiana (L.) Wight et Arn* | Herbácea | --- | X | X | --- | LC |
| 70 | Fagales | Betulacea | Aile | *Alnus jorullensis (Kunth)* | Arbórea | --- | X | X | --- | LC |
| 71 | | | Aile | *Alnus acuminata Kunth* | Arbórea | X | X | X | --- | --- |
| 72 | | | Oreja de ratón | *Carpinus tropicalis (Donn. Sm.) Lundel* | Arbórea | --- | --- | X | --- | LC |
| 73 | | Fagaceae | Encino colorado | *Quercus crassifolia Bonpl.* | Arbórea | X | --- | --- | --- | LC |
| 74 | | | Encino blanco | *Quercus crispifolia Trel* | Arbórea | --- | X | --- | --- | NT |
| 75 | | | Encino | *Quercus germana Schltdl. & Cham.* | Arbórea | X | --- | --- | --- | LC |
| 76 | | | Encino laurelillo | *Quercus laurina Bonpl.* | Arbórea | X | --- | --- | --- | LC |
| 77 | | | Encino amarillo | *Quercus mexicana Bonpl.* | Arbórea | X | --- | --- | --- | LC |
| 78 | | | Encino amarillo | *Quercus oleoides Schltdl. et Cham* | Arbórea | X | X | X | --- | - |
| 79 | | | Encino quiebra hacha | *Quercus rugosa Née* | Arbórea | X | --- | --- | --- | - |
| 80 | | | Encino hojas de zapote | *Quercus sapotifolia Liebm.* | Arbórea | --- | X | X | --- | LC |
| 81 | | | Encino | *Quercus sartorii Liebm.* | Arbórea | X | --- | --- | --- | NT |
| 82 | | | Encino | *Quercus xalapensis Bonpl.* | Arbórea | X | X | X | --- | LC |
| 83 | | Juglandaceae | Nogal | *Juglans pyriformis Liebm.* | Arbórea | X | --- | --- | A | EN |
| 84 | Gentianales | Apocynaceae | Venenillo | *Asclepias curassavica L.* | Herbácea | X | X | X | --- | --- |
| 85 | | | Biperol | *Mandevilla subsagittata (Ruiz et Pav.) Woodson* | Enredadera | --- | X | X | --- | --- |
| 86 | | Rubiaceae | Arachnotrhyx | *Arachnothryx heteranthera (Brandegee)* | Arbustiva | --- | --- | X | --- | --- |
| 87 | | | Trompetilla | Bouvardia ternifolia (Cav.) Kunth | Herbácea | X | X | X | --- | --- |
| 88 | | | Piririca | *Coccocypselum cordifolium Ness & Mart* | Herbácea | --- | X | X | --- | --- |
| 89 | | | Coralito | *Hamelia patens Jacq.* | Arbustiva | X | X | X | --- | LC |
| 90 | | Geraniaceae | Agujona | *Geranium seemannii Peyr.* | Herbácea | --- | X | X | --- | --- |
| 91 | Gleicheniales | Glecheniaceae | Helecho | *Sticherus palmatus (W. Schaffn. ex E. Fourn.) Copel* | Herbácea | X | X | X | --- | --- |

| ID | Orden | Familia | Nombre común | Nombre científico | Hábito | Unidad Molango | Unidad Naopa | Unidad Nonoalco | NOM-059§ | UICN§§ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 92 | | | Helecho | *Sticherus underwoodianus (Maxon) Nakai* | Herbácea | --- | X | --- | --- | --- |
| 93 | Hymenophyllales | Hymenophyllaceae | Helecho | *Hymenophyllum polyanthos (Sw.) Sw.* | Herbácea | --- | X | X | --- | --- |
| 94 | Lamiales | Acanthaceae | Ojo de poeta | *Thunbergia alata Bojer ex Sims* | Enredadera | X | X | X | --- | --- |
| 95 | | Bignoniaceae | Asarina | *Lophospermum erubescens D.Don ex Sweet* | Enredadera | X | X | X | --- | --- |
| 96 | | | Apamate rosa | *Tabebuia rosea* | Arbórea | X | --- | --- | --- | LC |
| 97 | | | Tronadora | *Tecoma stans (L.) Juss. ex Kunth* | Arbórea | X | --- | --- | --- | LC |
| 98 | | Calceolariaceae | Zapatitos dorados de venus | *Calceolaria tripartita Ruiz et Pav.* | Herbácea | --- | --- | X | --- | --- |
| 99 | | Cordiaceae | Encinillo | *Cordia alliodora (Ruiz et Pav.) Oken* | Arbustiva | --- | X | --- | --- | --- |
| 100 | | Gesneriaceae | Violeta mexicana | *Achimenes grandiflora (Schiede) DC.* | Herbácea | X | X | X | --- | --- |
| 101 | | | Tlanchichinol | *Moussonia deppeana (Schltdl. et Cham.) Hanst.* | Herbácea | X | X | X | --- | --- |
| 102 | | Lamiaceae | Hierba de San Martín | *Hyptis verticillata Jacq* | Herbácea | --- | X | X | --- | --- |
| 103 | | | Hierba del cáncer | *Lepechinia schiedeana (Schltdl.)* | Herbácea | --- | X | --- | --- | --- |
| 104 | | | Albaca | *Ocimum carnosum (Spreng.) Link et Otto ex Benth.* | Herbácea | --- | X | --- | --- | --- |
| 105 | | | Mirto morado | *Salvia carnea Kunth* | Herbácea | --- | X | X | --- | --- |
| 106 | | | Salvia | *Salvia fluviatilis Fernald* | Herbácea | --- | X | X | --- | --- |
| 107 | | | Rosa mexicana | *Salvia involucrata Cav.* | Herbácea | X | X | X | --- | --- |
| 108 | | | Tlacote | *Salvia mexicana L.* | Arbustiva | X | X | X | --- | --- |
| 109 | | | Salvia jalapeña | *Salvia xalapensis Benth.* | Arbustiva | X | X | X | --- | --- |
| 110 | | Lentibulariaceae | Violeta de barranca | *Pinguicula moranensis Kunth* | Herbácea | --- | --- | X | --- | --- |
| 111 | | Oleaceae | Fresno mexicano | *Fraxinus uhdei* | Arbórea | X | --- | --- | --- | LC |
| 112 | | Orobanchaeae | Garañona | *Castilleja tenuiflora Benth.* | Herbácea | X | X | X | --- | --- |
| 113 | | Scrophulariaceae | Tepozán | *Buddleja cordata Kunth* | Arbórea | --- | X | X | --- | --- |
| 114 | | Verbenaceae | Laurel cimarrón | *Citharexylum berlandieri* | Arbórea | X | --- | --- | --- | LC |
| 115 | | | Moradilla | *Glandularia elegans (Kunth) Umber* | Herbácea | X | X | X | --- | --- |
| 116 | | | Hierba mariposa | *Lantana achyranthifolia Desf* | Arbustiva | --- | X | --- | --- | --- |

| ID | Orden | Familia | Nombre común | Nombre científico | Hábito | Unidad Molango | Unidad Naopa | Unidad Nonoalco | NOM-059§ | UICN§§ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 117 | | | Colpanchi blanco | *Lippia myriocephala Schltdl. & Cham.* | Arbórea | X | --- | --- | --- | LC |
| 118 | Laurales | Fagaceae | Aguacate del monte | *Persea schiedeana Nees* | Arbórea | X | --- | --- | --- | EN |
| 119 | Liliales | Alstroemericeae | Bomarea | *Bomarea acutifolia (Link et Otto) Herb.* | Herbácea | --- | X | --- | --- | --- |
| 120 | | | Zarcilla | *Bomarea edulis (Tussac)* | Herbácea | --- | X | X | --- | --- |
| 121 | | Smilacaceae | Smilax | *Smilax aristolochiifolia Mill.* | Enredadera | --- | X | X | --- | --- |
| 122 | | | Zarzaparrilla | *Smilax bona-nox L.* | Enredadera | X | X | X | --- | --- |
| 123 | Lycopodiales | Lycopodiaceae | Licopodio | *Lycopodium clavatum L.* | Herbácea | --- | X | --- | --- | --- |
| 124 | Magnoliales | Annonaceae | Chirimoya | *Annona cherimola Mill* | Arbórea | --- | X | X | --- | --- |
| 125 | Malpighiales | Euphorbiaceae | Mala mujer | *Cnidoscolus aconitifolius (Mill.) I.M.Johnst.* | Arbustiva | X | --- | --- | --- | LC |
| 126 | | | Mala mujer | *Cnidoscolus multilobus (Pax) I.M.Johnst.* | Arbustiva | X | --- | --- | --- | LC |
| 127 | | | Drago | *Croton draco Schltdl. & Cham.* | Arbórea | X | --- | --- | --- | LC |
| 128 | | | Higuerilla | *Ricinus communis L.* | Arbustiva | X | --- | --- | --- | --- |
| 129 | Malvales | Malvaceae | Alache | *Anoda cristata (L.) Schltdl.* | Herbácea | X | X | X | --- | --- |
| 130 | | | Guácimo | *Guazuma ulmifolia Lam.* | Arbórea | X | --- | --- | --- | LC |
| 131 | | | Jonote | *Heliocarpus appendiculatus Turcz.* | Arbórea | X | --- | --- | --- | LC |
| 132 | | | Jonote blanco | *Heliocarpus donnellsmithii Rose* | Arbórea | X | --- | --- | --- | LC |
| 133 | | | Bala | *Sida acuta Burm.* | Arbustiva | X | X | X | --- | --- |
| 134 | Marattiales | Marattiaceae | Maíz de monte | *Marattia weinmanniifolia Liebm.* | Arbustiva | --- | X | X | Pr | --- |
| 135 | Myrtales | Melastomataceae | Miconia | *Miconia anisotricha (Schltdl.) Triana* | Herbácea | --- | X | --- | --- | --- |
| 136 | | | Miconia | *Miconia moorei Wurdack* | Arbustiva | X | X | X | --- | --- |
| 137 | | | Madroño | *Miconia xalapensis (Bonpl.) M. Gómez* | Arbustiva | --- | X | X | --- | --- |
| 138 | | | Tibouchina | *Tibouchina galeottiana (Naudin) Cogn.* | Herbácea | X | X | X | --- | --- |
| 139 | | | Tibouchina | *Tibouchina rufipilis (Schltdl.)* | Arbustiva | X | X | X | --- | --- |
| 140 | | Myrtaceae | Guayaba | *Psidium guajava L.* | Arbórea | --- | X | X | --- | LC |
| 141 | | | Arrayán | *Psidium sartorianum (O. Berg) Nied.* | Arbórea | X | --- | --- | --- | --- |
| 142 | Ophioglossales | Ophioglossaceae | Helecho | *Sceptridium decompositum (M. Martens et Galeotti) Lyon* | Herbácea | X | X | X | --- | --- |
| 143 | | | Helecho | *Sceptridium schaffneri (Underw.) Lyon* | Herbácea | --- | X | X | --- | --- |

| ID | Orden | Familia | Nombre común | Nombre científico | Hábito | Unidad Molango | Unidad Naopa | Unidad Nonoalco | NOM-059§ | UICN§§ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 144 | Oxalidales | Oxalidaceae | Trébol cruz de hierro | *Oxalis tetraphylla Cav.* | Herbácea | X | X | X | --- | --- |
| 145 | Papaverales | Papaveraceae | Chicalote | *Argemone mexicana L* | Herbácea | X | X | X | --- | --- |
| 146 | Pinales | Cupressaceae | Enebro triste | *Juniperus flaccida Schltdl.* | Arbórea | X | --- | --- | --- | LC |
| 147 | | Pinaceae | Pino prieto | *Pinus greggii Engelm. ex Parl.* | Arbórea | X | --- | --- | --- | VU |
| 148 | | Podocarpaceae | Palmilla | *Podocarpus matudae Lundell* | Herbácea | X | --- | --- | Pr | VU |
| 149 | Piperales | Piperaceae | Hierba santa | *Piper auritum Kunth* | Arbustiva | X | X | X | --- | --- |
| 150 | Poales | Poaceae | Pasto sombra | *Oplismenus hirtellus (L.) P.Beauv.* | Herbácea | X | --- | --- | --- | --- |
| 151 | Polypodiales | Aspleniaceae | Helecho | *Asplenium blepharophorum Bertol* | Herbácea | --- | X | X | --- | --- |
| 152 | | | Helecho | *Asplenium cuspidatum var. cuspidatum* | Herbácea | --- | X | --- | --- | --- |
| 153 | | | Helecho | *Asplenium formosum Willd.* | Herbácea | --- | X | X | --- | --- |
| 154 | | | Helecho | *Asplenium monanthes L.* | Herbácea | --- | X | X | --- | --- |
| 155 | | | Helecho | *Asplenium sessilifolium Desv.* | Herbácea | --- | X | --- | --- | --- |
| 156 | | Athyriaceae | Helecho | *Diplazium franconis Liebm.* | Herbácea | --- | X | --- | --- | --- |
| 157 | | Blechnaceae | Helecho | *Blechnum appendiculatum Willd.* | Herbácea | --- | X | --- | --- | --- |
| 158 | | | Helecho | *Blechnum occidentale L.* | Herbácea | X | X | X | --- | --- |
| 159 | | | Helecho | *Blechnum schiedeanum (Schltdl.)* | Herbácea | --- | X | --- | --- | --- |
| 160 | | Cystopteridaceae | Helecho Perejil | *Cystopteris fragilis L.* | Herbácea | X | X | X | --- | --- |
| 161 | | Dennstaedtiaceae | Helecho | *Dennstaedtia bipinata (Cav.)* | Herbácea | X | X | --- | --- | --- |
| 162 | | | Helecho | *Dennstaedtia cornuta (Kaulf.) Mett* | Herbácea | --- | X | X | --- | --- |
| 163 | | | Helecho | *Dennstaedtia globulifera (Poir.)* | Herbácea | X | X | --- | --- | --- |
| 164 | | Dryopteridaceae | Helecho de otoño | *Dryopteris cinnamomea (Cav.)* | Herbácea | --- | X | X | --- | --- |
| 165 | | | Helecho | *Dryopteris patula (Sw.) Underw* | Arbustiva | --- | X | X | --- | --- |
| 166 | | | Helecho | *Dryopteris pseudofilix-mas (Fée) Rothm* | Herbácea | --- | X | X | --- | --- |
| 167 | | | Cabeza de chivo | *Dryopteris wallichiana (Spring.)* | Arbustiva | --- | X | --- | --- | --- |
| 168 | | | Helecho | *Elaphoglossum guatemalense (Klotzsch) T. Moore* | Herbácea | --- | X | X | --- | --- |
| 169 | | | Helecho | *Elaphoglossum paleaceum (Hook. et Grev.) Sledge* | Herbácea | --- | X | X | --- | --- |
| 170 | | | Helecho | *Elaphoglossum sartorii (Liebm.)* | Herbácea | X | X | X | --- | --- |

| ID | Orden | Familia | Nombre común | Nombre científico | Hábito | Unidad Molango | Unidad Naopa | Unidad Nonoalco | NOM-059§ | UICN§§ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 171 | | | Helecho | *Phanerophlebia macrosora (Baker) Underw.* | Arbustiva | --- | X | X | --- | --- |
| 172 | | | Helecho | *Phanerophlebia nobilis (Schltdl. et Cham.) C. Presl* | Herbácea | X | X | X | --- | --- |
| 173 | | | Helecho | *Phanerophlebia remotispora E. Fourn* | Herbácea | --- | X | X | --- | --- |
| 174 | | | Helecho | *Polystichum fournieri A.R. Sm* | Herbácea | --- | X | --- | --- | --- |
| 175 | | Fabaceae | Mata buey | *Diplazium lonchophyllum Kunze* | Arbustiva | X | --- | --- | --- | --- |
| 176 | | | Helecho | *Campylonereum xalapense Feé* | Herbácea | X | X | X | --- | --- |
| 177 | | | Helecho | *Campyloneurum angustifolium (Sw.) Fee.* | Herbácea | X | X | X | --- | --- |
| 178 | | | Helecho | *Pecluma alfredii (Rosenst.) M.G. Price* | Herbácea | --- | X | X | --- | --- |
| 179 | | | Helecho | *Pecluma ferruginea (M. Martens et Galeotti) M.G. Pric* | Herbácea | --- | --- | X | --- | --- |
| 180 | | | Helecho | *Pecluma hartwegiana (Hook.) F.C. Assis et Salino* | Herbácea | --- | X | X | --- | --- |
| 181 | | | Helecho | *Pellaea sagittata (Cav.) Link* | Herbácea | --- | X | X | --- | --- |
| 182 | | | Helecho azul | *Phlebodium pseudoaureum (Cav.) Lellinger* | Herbácea | X | X | X | --- | --- |
| 183 | | | Helecho | *Pityrogramma ebenea (L.)* | Herbácea | --- | X | X | --- | --- |
| 184 | | Polypodiaceae | Helecho | *Pleopeltis lepidotricha (Fee.)* | Herbácea | --- | X | --- | --- | --- |
| 185 | | | Helecho | *Pleopeltis madrensis (J. Sm.) A.R. Sm. et Tejero* | Herbácea | X | X | X | --- | --- |
| 186 | | | Helecho | *Pleopeltis mexicana (Fée) Mickel et Beitel* | Herbácea | --- | X | X | --- | --- |
| 187 | | | Helecho | *Pleopeltis polylepis (Roem. ex Kuntze) T. Moore* | Herbácea | X | X | X | --- | --- |
| 188 | | | Helecho | *Pleopeltis polypodioides (L) E. G. Andrews et Windham* | Herbácea | X | X | X | --- | --- |
| 189 | | | Helecho | *Polypodium arcanum Maxon* | Herbácea | --- | X | X | --- | --- |
| 190 | | | Helecho | *Polypodium plesiosorum Kunze* | Herbácea | X | X | X | --- | --- |
| 191 | | | Helecho | *Polypodium rhodopleuron Kunze* | Herbácea | X | X | X | --- | --- |
| 192 | | | Helecho | *Polypodium subpetiolatum Hook* | Herbácea | X | X | X | --- | --- |

| ID | Orden | Familia | Nombre común | Nombre científico | Hábito | Unidad Molango | Unidad Naopa | Unidad Nonoalco | NOM-059§ | UICN§§ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 193 | | | Culantrillo | *Adiantum braunii Mett ex. Kuhn* | Herbácea | X | X | X | --- | --- |
| 194 | | | Culantrillo de agua | *Adiantum concinnum Humb. et Bonpl. ex Willd.* | Herbácea | --- | X | X | --- | --- |
| 195 | | | Culantrillo de agua | *Adiantum tenerum Sw* | Herbácea | --- | X | X | --- | --- |
| 196 | | | Culantrillo de agua | *Adiantum trapeziforme L.* | Herbácea | --- | X | --- | --- | --- |
| 197 | | | Helecho | *Aleuritopteris farinosa (Forssk.) Fée* | Herbácea | --- | X | X | --- | --- |
| 198 | | | Helecho | *Cheilanthes notholaenoides (Desv.) Maxon ex Weath.* | Herbácea | --- | X | X | --- | --- |
| 199 | | | Helecho de gaga | *Gaga angustifolia (Kunth) F.W. Li et Windham* | Herbácea | --- | X | --- | --- | --- |
| 200 | | | Helecho de gaga | *Gaga kaulfussii (Kunze) F.W. Li & Windham* | Herbácea | --- | X | --- | --- | --- |
| 201 | | Pteridaceae | Helecho | *Llavea cordifolia Lag.* | Arbustiva | --- | X | X | --- | --- |
| 202 | | | Helecho | *Mildella fallax (M. Martens et Galeotti) G.L. Nesom* | Herbácea | --- | X | X | --- | --- |
| 203 | | | Doradilla | *Myriopteris aurea (Poir.) Grusz et Windham* | Herbácea | --- | X | X | --- | --- |
| 204 | | | Sanguinaria | *Myriopteris notholaenoides (Desv.)* | Herbácea | --- | X | --- | --- | --- |
| 205 | | | Itamo real | *Pellaea ovata (Desv.)* | Herbácea | --- | X | X | --- | --- |
| 206 | | | Helecho | *Pityrogramma calomelanos (L.) Link* | Herbácea | --- | X | X | --- | --- |
| 207 | | | Helecho | *Pleopeltis sanctae-rosae (Maxon) A.R. Sm. et Tejero* | Herbácea | --- | X | X | --- | --- |
| 208 | | | Helecho de creta | *Pteris cretica L.* | Herbácea | --- | --- | X | --- | --- |
| 209 | | | Helecho | *Pteris longifolia L.* | Herbácea | --- | X | X | --- | --- |
| 210 | | | Helecho | *Pteris quadriaurita Retz.* | Arbustiva | X | X | X | --- | --- |
| 211 | | Tectariaceae | Helecho | *Tectaria heracleifolia (Willd.) Underw* | Herbácea | --- | X | X | --- | --- |
| 212 | | Thelypteridaceae | Helecho | *Amauropelta resinifera (Desv.) Pic. Serm.* | Herbácea | --- | X | --- | --- | --- |
| 213 | | | Helecho | *Amauropelta rudis (Kunze) Pic. Serm.* | Herbácea | --- | X | X | --- | --- |
| 214 | | | Helecho | *Christella puberula (Bak.) Á. Löve et D. Löve* | Herbácea | --- | X | --- | --- | --- |

| ID | Orden | Familia | Nombre común | Nombre científico | Hábito | Unidad Molango | Unidad Naopa | Unidad Nonoalco | NOM-059§ | UICN§§ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 215 | Proteales | Platanaceae | Álamo blanco | *Platanus mexicana Moric.* | Arbórea | --- | --- | X | --- | LC |
| 216 | Pteridales | Dennstaedtiaceae | Helecho marranero | *Pteridium aquilinum (L.)* | Herbácea | --- | X | X | --- | --- |
| 217 | | Pteridaceae | Culantrillo | *Adiantum andicola Liebm.* | Herbácea | X | X | X | --- | --- |
| 218 | | | Culantrilo | *Adiantum poiretii Wikstr* | Herbácea | --- | X | X | --- | --- |
| 219 | | | Helecho | *Doryopteris palmata (Willd.) J.Sm.* | Herbácea | --- | X | --- | --- | --- |
| 220 | | | Helecho | *Hemionitis palmata L.* | Herbácea | --- | X | --- | --- | --- |
| 221 | Rosales | Cannabaceae | Capulín cimarrón | *Trema micrantha (L.) Blume* | Arbórea | X | --- | --- | --- | LC |
| 222 | | Moracaea | Amacapulín | *Morus celtidifolia Kunth* | Arbórea | --- | X | X | --- | LC |
| 223 | | | Amate dorado | *Ficus aurea Nutt.* | Arbórea | --- | X | --- | --- | --- |
| 224 | | | Amate negro | *Ficus cotinifolia Kunth* | Arbórea | X | --- | --- | --- | LC |
| 225 | | | Higuera blanca | *Ficus insipida Willd.* | Arbórea | X | --- | --- | --- | - |
| 226 | | | Álamo | *Ficus maxima Mill.* | Arbórea | X | --- | --- | --- | LC |
| 227 | | | Ramón | *Brosimum alicastrum Sw.* | Arbórea | X | --- | --- | --- | LC |
| 228 | | Rosaceae | Manzanita | *Crataegus gracilior J.B. Phipps* | Arbustiva | --- | X | X | --- | LC |
| 229 | | | Frambuesa | *Rubus sapidus Schltdl.* | Arbustiva | --- | X | --- | --- | --- |
| 230 | | Urticaceae | Guarumo | *Cecropia obtusifolia Bertol.* | Arbórea | X | --- | --- | --- | LC |
| 231 | Santalales | Loranthaceae | Injerto de huizache | *Psittacanthus calyculatus* | Herbácea | X | --- | --- | --- | --- |
| 232 | Sapindales | Anacardiaceae | Mango | *Mangifera indica L.* | Arbórea | X | --- | --- | --- | --- |
| 233 | | Burseraceae | Palo mulato | *Bursera simaruba (L.) Sarg.* | Arbórea | X | --- | --- | --- | LC |
| 234 | | Meliaceae | Cedro | *Cedrela odorata L.* | Arbórea | X | --- | --- | Pr | VU |
| 235 | | | Árbol asiático del paraíso | *Melia azedarach L.* | Arbórea | X | --- | --- | --- | --- |
| 236 | | | Ciruelillo | *Trichilia havanensis* | Arbórea | X | --- | --- | --- | LC |
| 237 | | Rutaceae | Zapote blanco | *Casimiroa edulis La Llave & Lex.* | Arbórea | X | --- | --- | --- | LC |
| 238 | | Sapindaceae | Jaboncillo | *Sapindus saponaria L.* | Arbórea | X | --- | --- | --- | LC |
| 239 | Saxifragales | Altingiaceae | liquidámbar | *Liquidambar styraciflua L* | Arbórea | --- | X | X | --- | --- |
| 240 | Schizaeales | Anemiaceae | Helecho | *Anemia adiantifolia (L.) Sw.* | Herbácea | --- | X | X | --- | --- |
| 241 | | | Helecho | *Anemia mexicana Klotzch* | Herbácea | --- | X | X | --- | --- |
| 242 | | | Helecho | *Anemia phyllitidis (L.) Sw.* | Herbácea | --- | X | X | --- | --- |

| ID | Orden | Familia | Nombre común | Nombre científico | Hábito | Unidad Molango | Unidad Naopa | Unidad Nonoalco | NOM-059[§] | UICN[§§] |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 243 | Selaginellales | Selaginellaceae | Selaginella | *Selaginella delicatissima Linden ex A. Braun* | Herbácea | --- | X | X | --- | --- |
| 244 | | | Doradilla | *Selaginella pallescens (C. Presl) Sprin* | Herbácea | --- | X | X | --- | --- |
| 245 | | | Selaginella | *Selaginella stellata Sprin* | Herbácea | --- | X | --- | --- | --- |
| 246 | Solanales | Convulvulaceae | Hoja de Jalapa | *Ipomoea purga (Wender.) Hayne* | Enredadera | --- | X | X | --- | --- |
| 247 | | Solanaceae | Abrojo | *Solanum ferrugineum Jacq.* | Arbustiva | --- | X | X | --- | --- |
| 248 | | | Solanum | *Solanum myriacanthum Dunal* | Arbustiva | --- | X | X | --- | --- |
| 249 | | | Helecho | *Solanum pseudocapsicum L.* | Arbustiva | --- | X | X | --- | --- |
| 250 | Vitales | Vitaceae | Cissus | *Cissus verticillata (L.) Nicolson et C.E. Jarvis* | Herbácea | X | X | X | --- | --- |
| 251 | Zingiberales | Heliconiaceae | Chameque | *Heliconia schiedeana Klotzsch* | Arbórea | X | --- | --- | --- | --- |
| 252 | | Musaceae | Plátano ornamental asiático | *Musa ornata Roxb.* | Herbácea | X | --- | --- | --- | LC |

[§] Categoría de riesgo con base en la MODIFICACIÓN del Anexo Normativo III, Lista de especies en riesgo de la Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010, Protección ambiental-Especies nativas de México de flora y fauna silvestres-Categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio-Lista de especies en riesgo, el cual fue publicado en el Diario Oficial de la Federación el 14 de noviembre de 2019. Categorías de riesgo: Pr = Protección especia; P = Peligro de extinción; A = Amenazada y, E = Extinta en el medio silvestre.

[§§] Clasificación de las especies de acuerdo con la lista roja de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN): LC = Preocupación menor; VU = Vulnerable; EN = En peligro; NT = Casi amenazada; CR = En peligro crítico; EW = Extinto en estado silvestre, y, EX = Extinto.

En tipos de vegetación de selva alta perennifolia, en cualquiera de sus etapas de desarrollo, presenta una mayor diversidad de especies que la de bosques de encino, pino y sus bosques mixtos. Los órdenes Fabales, Lamiales, Rosales y Sapindales presentan especies que son más comunes encontrar en este tipo de vegetación, lo que no quiere decir que son exclusivas.

Los muestreos realizados para caracterizar la composición florística en el SAR arrojaron que siete especies de las 15 especies totales del orden Fabales son arbóreas, dos arbustivas y seis herbáceas. De las 10 especies del orden Rosales identificadas, ocho son arbóreas y dos arbustivas. Y, las siete especies pertenecientes al orden Sapindales resultaron ser arbóreas.

#### IV.3.2.2.2.1. Especies de flora silvestre en categoría de riesgo

El 14 de noviembre de 2019 se publicó en el Diario Oficial de la Federación la modificación del anexo III que contiene la lista de especies en riesgo de la norma oficial mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010, la cual tiene como objetivo identificar las especies o poblaciones de flora y fauna silvestres en riesgo en la República Mexicana. En dicha norma, las especies en riesgo se clasifican en cuatro categorías: a) En peligro de extinción (P); b) Amenazadas (A); c) Sujeta a protección especial (Pr), y, d) Probablemente extinta en el medio silvestre (E).

Del listado general de las 252 especies de flora silvestre identificadas, solo ocho de ellas se encuentran incluidas en la lista de especies en riesgo de la norma oficial mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010 (Tabla IV.41). De estas ocho especies, cuatro se encuentran clasificadas como especies sujetas a protección especial (Pr), tres como especies amenazadas (A) y una en peligro de extinción (P).

Las cuatro especies sujetas a protección especial son: helecho pesma (*Cyathea divergens* Kunze), maíz de monte (*Marattia weinmanniifolia* Liebm.), palmilla (*Podocarpus matudae* Lundell) y el cedro (*Cedrela odorata* L.). Las tres especies clasificadas como amenazas son: a) palma tepejilote coralillo (*Chamaedorea microspadix* Burret); b) la cícada camotillo (*Zamia loddigesii* Miq.) y nogal (*Juglans pyriformis* Liebm.). Y, el helecho gigante maquique (*Alsophila firma* (Baker) D.S.Conant) es la única especie identificada que se encuentra clasificada en peligro de extinción.

#### IV.3.2.2.2.2. Especies de flora silvestre en la lista roja (UICN)

La Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN) tiene 56 años de haberse. Esta organización se encuentra conformada por más de 1,400 miembros, entre los que se encuentran organizaciones gubernamentales, agencias de desarrollo económico, instituciones académicas y científicas, organizaciones de la sociedad civil y expertos. El objetivo primordial de la unión es el participar junto con la sociedad civil en la conservación de la integridad y diversidad de la naturaleza y asegurar que todo uso de los recursos naturales sea equitativo y ecológicamente sostenible.

La UICN elaboró en 1964 la lista roja de especies amenazadas, en la cual se incluye el estado de conservación de las diversas especies de flora y fauna a nivel mundial. La lista, además, proporciona información sobre el rango, el tamaño de la población, el hábitat y la ecología, el uso y/o comercio, las amenazas y las acciones de conservación que ayudarán a informar las decisiones de conservación necesarias.

La lista roja de la UICN clasifica a las especies en nueve diferentes categorías de acuerdo con su nivel de conservación y condición en el medio ambiente: NE = No evaluada; DD = Datos insuficientes; LC = Preocupación menor; VU = Vulnerable; EN = En peligro; NT = Casi amenazada; CR = En peligro crítico; EW = Extinto en estado silvestre, y, EX = Extinto. Las especies no evaluadas aparecen sin clasificación.

De las 252 especies de flora silvestre identificadas durante los muestreos efectuados en el área del SAR, 59 se encuentran evaluadas y clasificadas en alguna de las categorías definidas en la lista roja. Las especies dominantes son las clasificadas en preocupación menor (LC) con 48 de las 59 especies en categoría; se trata de especies no cumplen con ningún criterio que defina las categorías de “En Peligro Crítico”, “En Peligro”, “Vulnerable” o “Casi Amenazada”. A estas le siguen las especies vulnerables (VU), encontrándose cinco especies en esta categoría; una especie se considera vulnerable cuando la mejor evidencia disponible indica que se enfrentan a un riesgo de extinción alto en estado silvestre.

De las seis especies restantes que se encuentran clasificadas en la lista roja, tres se clasifican en peligro (EN) y las otras tres como casi amenazadas (NT). Las especies en peligro son aquellas que se considera que se enfrentan a un riesgo de extinción muy alto en estado silvestre. Y, las especies casi amenazadas son aquellas que se considera que están próximas a satisfacer los criterios para clasificarse como especies en “En Peligro Crítico”, “En Peligro” o “Vulnerable”, o posiblemente los satisfagan, en un futuro cercano.

#### IV.3.2.2.3. Caracterización de la flora silvestre en la Unidad Minera Molango

La Unidad Minera Molango se localiza dentro del bioma conocido como bosque mesófilo de montaña, el cual le confiere condiciones específicas de temperatura y humedad a la región en la cual se encuentra presente. Las condiciones climáticas específicas propician la presencia de especies con especializaciones para la absorción y aprovechamiento de la humedad (Figuras IV.61). Un caso particular de estas especies son las plantas pertenecientes a las Polypodiales, así como las especies de la familia Orchidaceae, orden Asparagales. Dentro de la flora característica del sitio podemos encontrar especies como *Pleopeltis spp.*, *Syngonium spp., Dahlia coccinea y Morus celtidifolia*



Bosque Mesófilo de Montaña en el área de influencia de la Unidad Minera Molango



Paisaje característico en el área de estudio



*Amacapulín (Morus celtidifolia*)



Dalia *(Dahlia coccinea*)



Chapiso (*Syngonium podophyllum*)

***Figura IV.61. Condición general de la cobertura vegetal forestal y especies de flora silvestre presente en el área de influencia de la Unidad Minera Molango.***

### IV.3.2.2.3.1. Diversidad florística en la región de la Unidad Minera Molango

De acuerdo con los muestreos realizados en los cuadrantes ubicados dentro del SAR, en el área de influencia de la Unidad Minera Molango, se identificaron un total de 123 especies pertenecientes a 33 órdenes y 60 familias (Tabla IV.41). La familia Fabaceae fue la de mayor representación con 10 especies, seguida de Polypodiaceae con nueve especies, Orchidaceae con ocho especies y Araceae y Malvaceae con cinco especies (Figura IV.62). Con cuatro especies se encuentran cuatro familias: Asteraceae, Euphorbiaceae, Melastomataceae y Moraceae. De las 50

familias restantes, cuatro están representadas por tres especies, siete con dos especies y el resto de las familias con una sola especie.

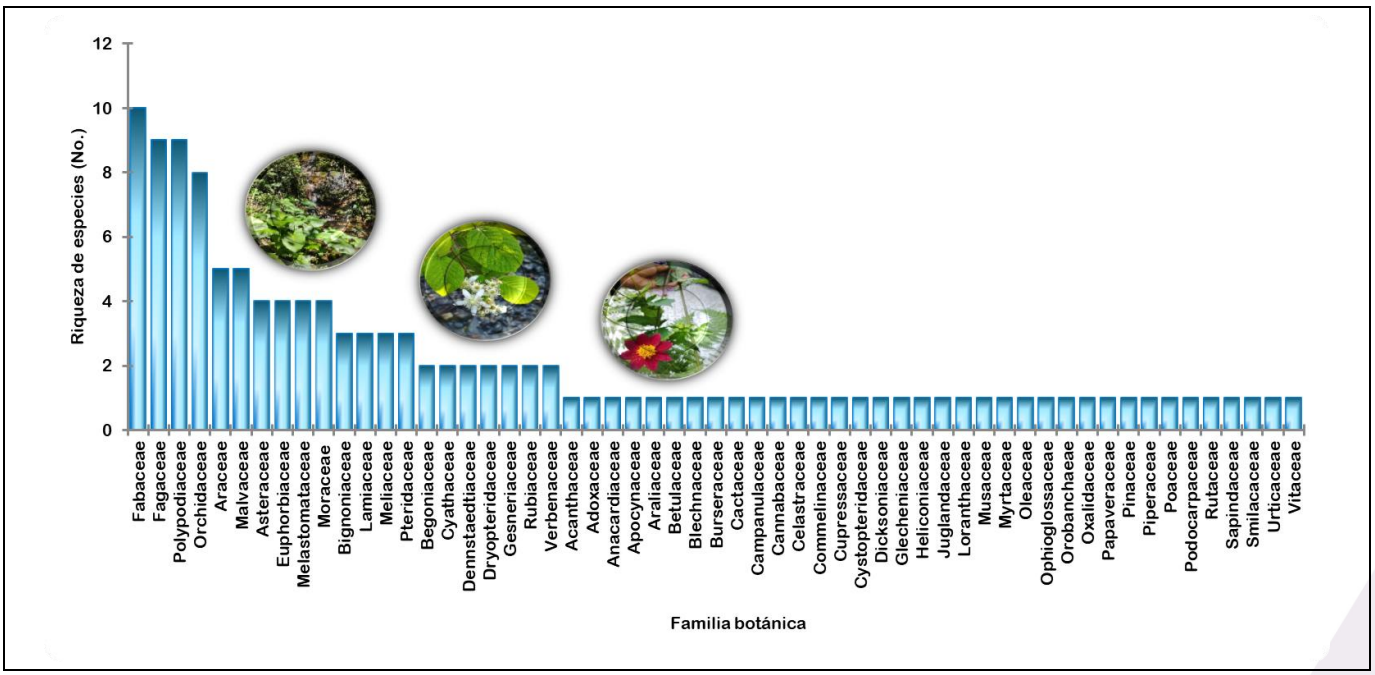



***Figura IV.62. Riqueza específica de las familias a las que pertenecen las especies de flora silvestre identificadas en el área de influencia de la Unidad Minera Molango.***

De las 123 especie de flora silvestre registradas en esta región, 46 de ellas tienen un crecimiento arbóreo, 17 arbustivo, tres enredaderas y 57 son especies herbáceas. Si bien, en la región predomina la presencia de bosque mesófilo de montaña, también se encontró la presencia de ocho especies arbóreas de la familia de las fagáceas, género Quercus, que caracteriza a los bosques de encino, encino – pino y pino – encino.

#### IV.3.2.2.3.2. Especies de flora silvestre en la región de la Unidad Minera Molango en categoría de riesgo y en la lista roja

De las ocho especies de flora silvestre identificadas en el SAR que se encuentran en alguna categoría de riesgo, se identificó que cinco de ellas se encuentran en esta región. Tres de estas especies se encuentran sujetas a protección especial (Pr), una como especie amenazada y la otra en peligro de extinción.

A nivel del SAR se identificaron 59 especies con alguna categoría de la lista roja de especies amenazadas de la UICN, no obstante, en el área de influencia de la Unidad Minera Molango solo se encontraron 42 de estas especies. En la clasificación de preocupación menor (LC) se encuentran 35 especies, cuatro especies se consideran especies vulnerables, de las cinco identificadas en el SAR, dos se consideran especies en peligro (EN) y solo una como especie casi amenazada (NT).

#### IV.3.2.2.3.3. Índice de valor de importancia de la flora silvestre en el área de influencia de la Unidad Minera Molango

Al ser el Índice de Valor de importancia (IVI) un valor ponderado de la estructura de una comunidad vegetal en el que se jerarquizan las especies de acuerdo con su abundancia, frecuencia y dominancia, podemos identificar aquellas especies que son de importancia ecológica para la estructuración de los sistemas vegetales de la región. Tomando en cuenta los valores de dominancia, frecuencia y abundancia relativas, en este caso, las especies que muestran bajos valores de IVI indican que son especies de menor dominio florístico y, por otro lado, las especies con un IVI alto son las principales para estructurar la vegetación bajo estudio.

Las especies arbóreas que presentaron un mayor IVI en la región fueron: álamo blanco (*Platanus mexicana*), mauto (*Lysiloma divaricatum*), drago (*Croton draco*) y jonote (*Heliocarpus appendiculatus*) (Figura IV.63). El drago (*C. draco*) fue la especie que presentó mayor abundancia relativa en la zona, mientras que los valores más altos de frecuencia relativa fueron presentados por el jonote (*H.* appendiculatus). Este comportamiento significa que, aunque se encontraron más individuos de drago en la zona de estudio, el jonote es una de las especies arbóreas que se encuentra distribuida de una manera más homogénea en la zona de estudio en comparación de otras.

La presencia de especies como drago (*C. draco*) y jonote (*H. appendiculatus*) es indicador de ciertos tipos de vegetación, como lo son el Bosque Tropical Perennifolio y el Bosque Mesófilo de Montaña. Por otro lado, la presencia de especies como álamo blanco (*P. mexicana*) es indicador de un tipo de vegetación conocido como Bosque de Galería (Santiago-Pérez et al., 2014), caracterizado por localizarse a lo largo de cauces de agua, además son de gran importancia ecológica e hidrológica para la preservación de estos ecosistemas (Meli et al., 2017).

También es importante mencionar que las especies del género *Quercus* se encuentran bien representadas dentro del estudio con altos valores de frecuencia relativa en el IVI, por lo que se puede deducir que los encinos también son especies de gran importancia para la estructura de las comunidades vegetales que se encuentran en esta zona.

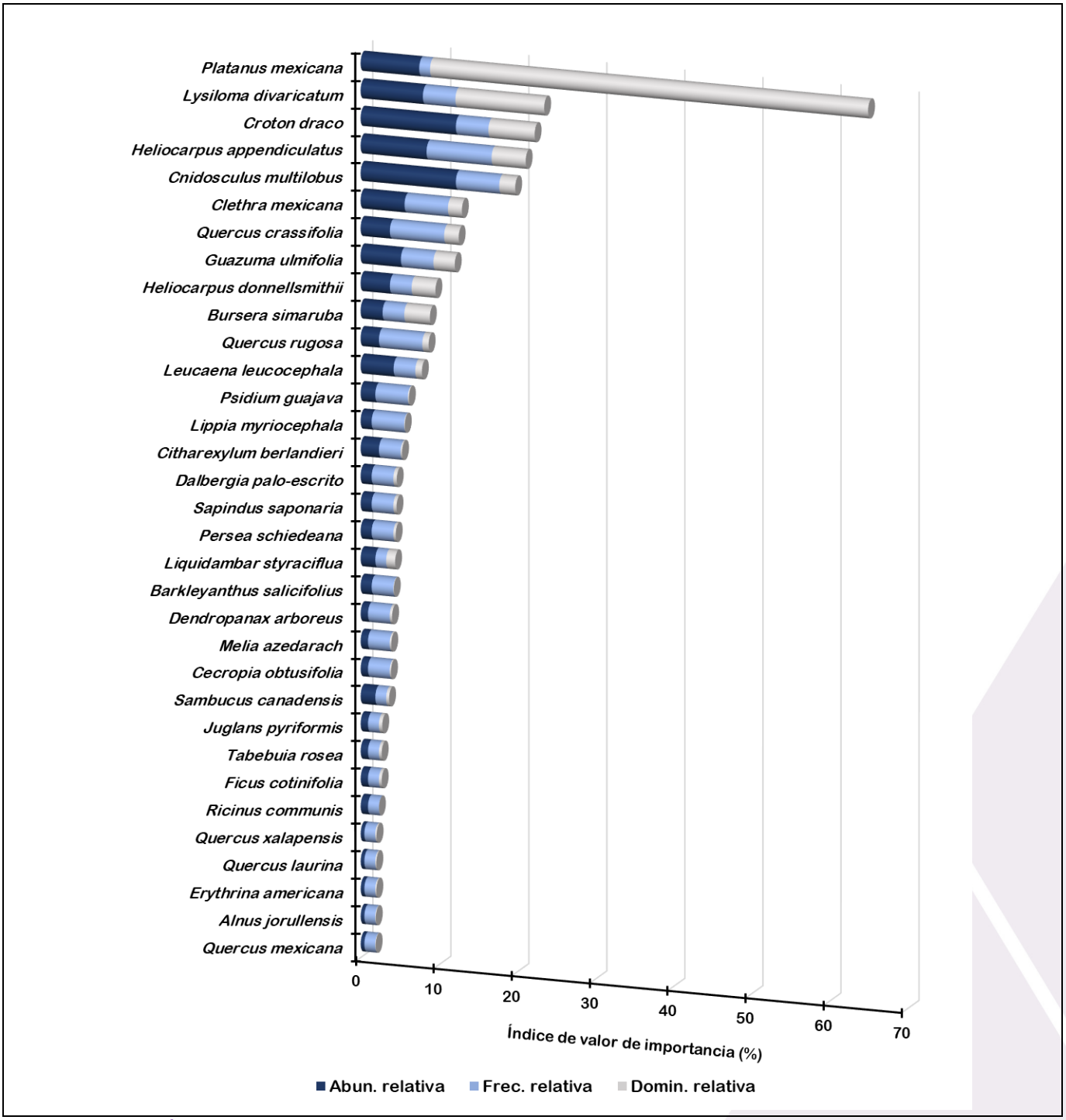



*Figura IV.63. Índice de valor de importancia de las especies arbóreas de flora silvestre identificadas en el área de influencia de la Unidad Minera Molango.*

### IV.3.2.2.4. Caracterización de la flora silvestre en la Unidad Minera Naopa

El área de influencia de la Unidad Minera Naopa se localiza dentro de los biomas conocidos como Bosque Mesófilo de Montaña, Bosque de Encino, reminiscencias de Bosque Tropical Perennifolio, Bosque de Galería y sitios

fragmentados con uso de suelo agropecuario, los cuales les confieren condiciones específicas benéficas o no a los sitios que rodean a la Unidad. La diversidad de tipos de vegetación y usos de suelo de la región propicia la presencia de especies con especializaciones para la absorción y aprovechamiento de la humedad, así como de especies que participan en diferentes etapas sucesionales, como es el caso de las pteridofitas y las especies de la familia Melastomataceae. Dentro de la flora característica del sitio podemos encontrar especies como el helecho cabeza de chivo (*Lophosoria quadripinnata*), culantrillo de agua (*Adiantum trapeziforme*), trompetilla (*Bouvardia ternifolia*) y capulín (*Miconia anisotricha*) (Figuras IV.64).



Bosque Mesófilo de Montaña en el área de influencia de la Unidad Minera Naopa



Helecho cabeza de chivo (*Lophosoria quadrippinata*).



Culantrillo de agua (*Adiantum trapeziforme*)



Trompetilla (*Bouvardia ternifolia*)



Capulín (*Miconia anisotricha*)

***Figura IV.64. Condición general de la cobertura vegetal forestal y especies de flora silvestre presente en el área de influencia de la Unidad Minera Naopa.***

#### IV.3.2.2.4.1. Diversidad florística en la región de la Unidad Minera Naopa

De acuerdo con los muestreos realizados en los cuadrantes ubicados dentro del SAR y área de influencia de la Unidad Minera Naopa, se identificaron un total de 174 especies pertenecientes a 34 órdenes y 64 familias (Tabla IV.41). La familia Pteridaceae fue la de mayor representación con 17 especies, seguida de Polypodiaceae con 16 especies, Dryopteridaceae con 11 especies y Asteraceae con 10 (Figura IV.65). Con una y dos especies se encuentra 31 y 15 familias respectivamente. Las restantes 14 familias tienen entre tres y ocho especies cada una.

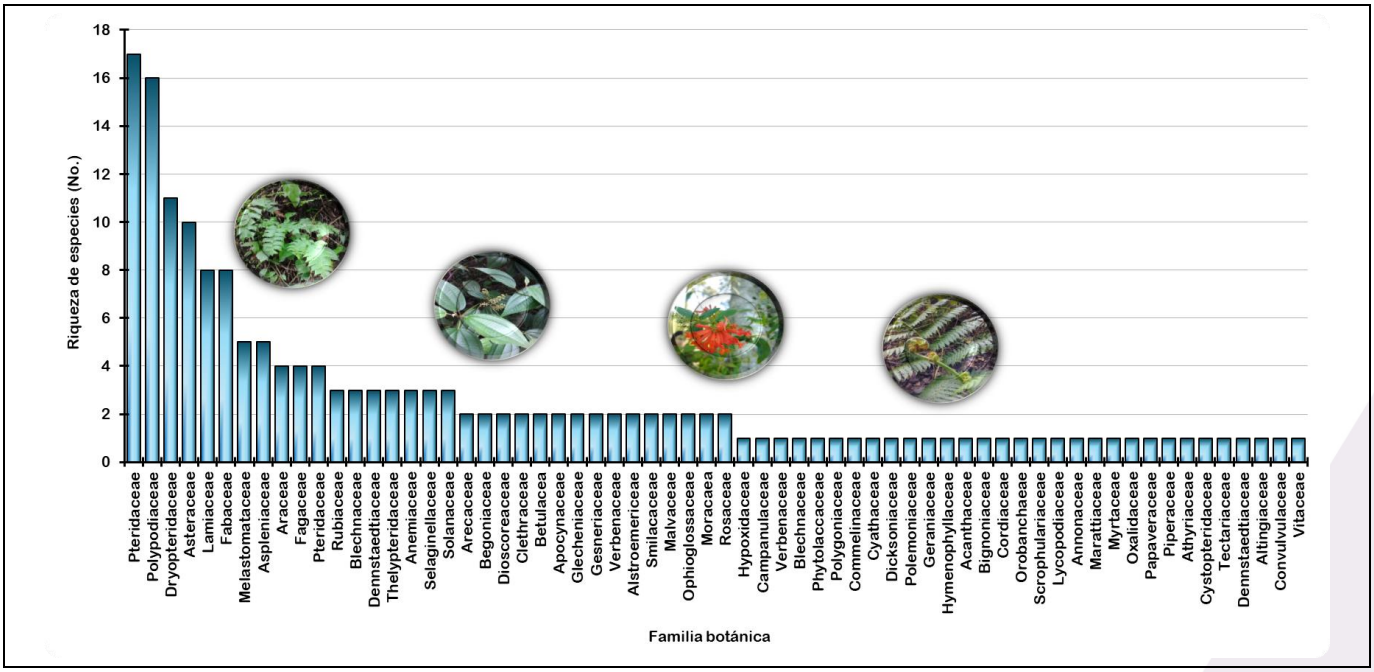



*Figura IV.65. Riqueza específica de las familias a las que pertenecen las 174 especies de flora silvestre identificadas en el área de influencia de la Unidad Minera Naopa.*

De las 174 especie de flora silvestre registradas en esta región, 16 de ellas tienen un crecimiento arbóreo, 31 arbustivo, nueve enredaderas y 118 son especies herbáceas. Si bien, en la región predomina la presencia de bosque mesófilo de montaña y bosque de galería, también se encontró la presencia de especies arbóreas de la familia de las fagáceas (género Quercus), y betuláceas (género Alnus), ambas del orden Fagales, que caracteriza a los bosques de encino, encino – pino y pino – encino.

#### IV.3.2.2.4.2. Especies de flora silvestre en la región de la Unidad Minera Naopa en categoría de riesgo y en la lista roja

De las ocho especies de flora silvestre identificadas en el SAR que se encuentran en alguna categoría de riesgo, sólo tres de ellas se identificaron creciendo en esta región. Dos de estas especies se encuentran sujetas a protección especial (Pr) y la otra está clasificada como especie amenazada.

A nivel del SAR se identificaron 59 especies con alguna categoría de la lista roja de especies amenazadas de la UICN, no obstante, en el área de influencia de la Unidad Minera Naopa solo se encontraron 15 de estas especies. En la

clasificación de preocupación menor (LC) se encuentran 14 especies, una especie se considera como vulnerable y la otra especie se clasifica como casi amenazada (NT).

#### IV.3.2.2.4.3. Índice de valor de importancia de la flora silvestre en el área de influencia de la Unidad Minera Naopa

Las especies arbóreas y arbustivas que se pudieron evaluar y que presentaron un mayor IVI fueron: liquidámbar (*Liquidambar styraciflua*), encino blanco (*Quercus crassifolia*), colorín (*Erythrina americana*), palo escrito (*Dalbergia palo-escrito*) y aile (*Alnus jorullensis*) (Figura IV.66).

Las especies que presentaron una mayor abundancia relativa fueron el liquidámbar (*L. styraciflua*) y el encino blanco (*Q. crassifolia*), por lo que se puede encontrar una gran cantidad de individuos de estas especies en esta zona de muestreo. Por otro lado, otras especies como el aile (*A. jorullensis*) y palo escrito (*D. palo-escrito*) no presentaron valores de frecuencia relativa tan altos, aunque sí obtuvieron un valor alto de abundancia relativa, lo que se interpreta como que estas especies se pueden encontrar distribuidas a manera de parches dentro de la zona de estudio.

Es importante mencionar que los valores de dominancia son bajos para la especie de palo escrito (*D. palo-escrito*), en comparación con otras especies, como el liquidámbar (*L. styraciflua*) o encino blanco (*Q. crassifolia*), lo cual puede resultar raro ya que las tres han sido reportadas como especies grandes que presentan amplias coberturas y DAP. Esto se debe principalmente a que la gran mayoría de individuos de *D. palo-escrito* que se encuentran en la zona son en realidad árboles juveniles y de fuste bajo, resultado de la tala indiscriminada de esta especie que se encuentra en la NOM-059-SEMARNAT-2010.

La presencia de especies como liquidámbar (*L. styraciflua*), palo escrito (*D. palo-escrito*), encino blanco (*Q. crassifolia*) y aile (*A. jorullensis*) es indicativo de que en esta zona los principales tipos de vegetación que se encuentran son el Bosque Mesófilo de Montaña y el Bosque de Encino.

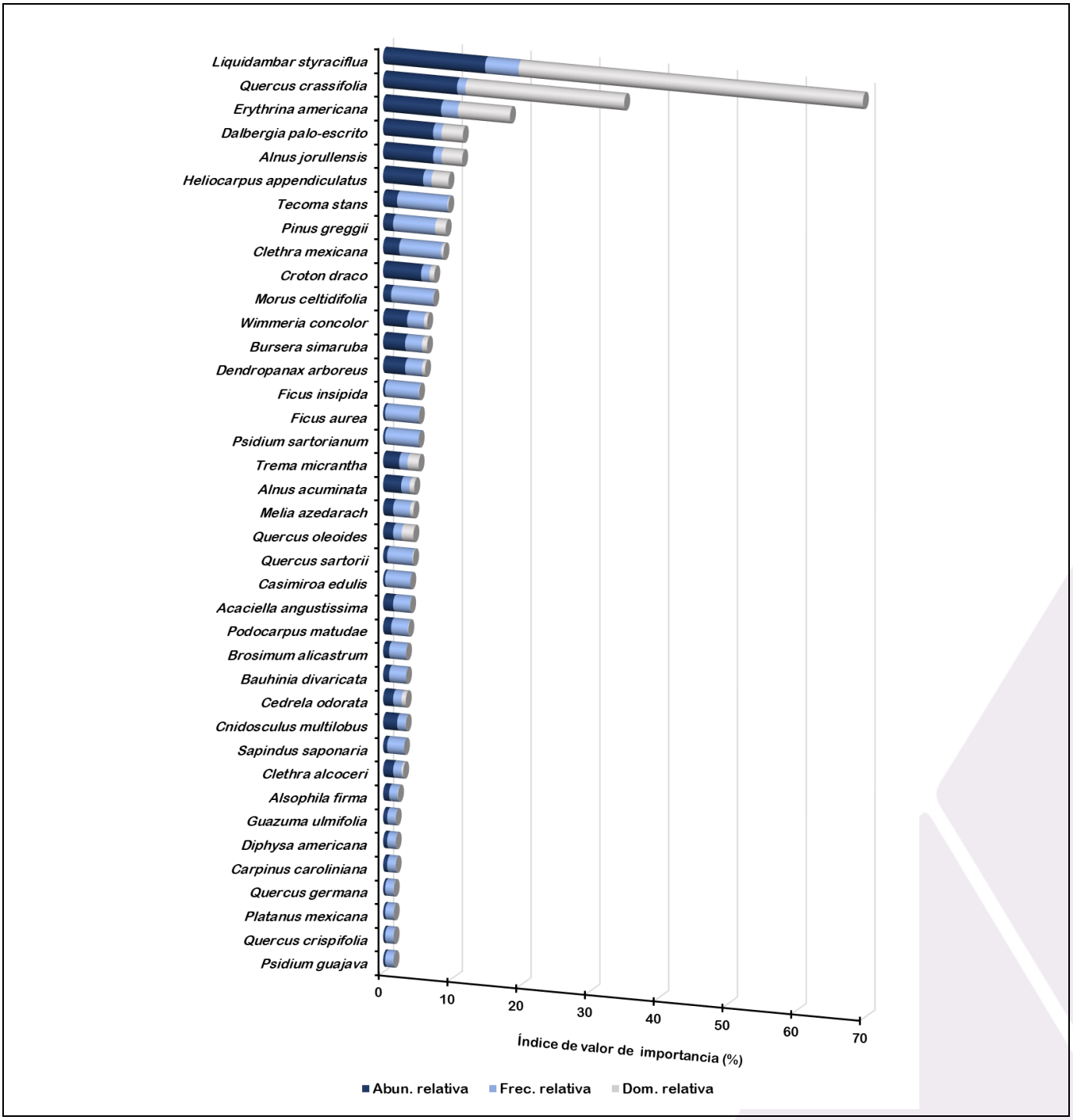



*Figura IV.66. Índice de valor de importancia de las especies evaluadas arbóreas y arbustivas de flora silvestre identificadas en el área de influencia de la Unidad Minera Naopa.*

### IV.3.2.2.5. Caracterización de la flora silvestre en la Unidad Minera Nonoalco

La Unidad Minera Nonoalco se localiza dentro del bioma conocido como Bosque Mesófilo de Montaña, Bosque Tropical Perennifolio, Bosques de Galería y en áreas fragmentadas con uso de suelo agropecuario. Esta diversidad

de tipos de vegetación y usos de suelo le confieren a la región condiciones específicas benéficas o no a los sitios que rodean a la Unidad.

Además, la coincidencia de diferentes tipos de vegetación propicia la presencia de especies con especializaciones para la absorción y aprovechamiento de la humedad, así como de especies que participan en diferentes etapas sucesionales. Las Pteridofitas y las especies de la familia Lamiaceae son un caso particular de estas especies participan en diferentes etapas sucesionales.

Dentro de la flora característica del sitio podemos encontrar especies como tlanchichinol (*Moussonia deppeana*), tlacote (*Salvia mexicana*), mirto morado (*Salvia carnea*) y helecho (*Polypodium arcanum*) (Figura IV.67).



Vista general de la vegetación en el área de influencia de la Unidad Minera Nonoalco



Tlanchichinol (*Moussonia deppeana*).



Tlacote (*Salvia mexicana*)



Mirto morado (*Salvia carnea*)



Helecho (*Polypodium arcanum*)

***Figura IV.67. Condición general de la cobertura vegetal forestal y especies de flora silvestre presente en el área de influencia de la Unidad Minera Nonoalco.***

### IV.3.2.2.5.1. Diversidad florística en el área de influencia de la Unidad Minera Nonoalco

De acuerdo con los muestreos realizados en los cuadrantes ubicados dentro del SAR, en el área de influencia de la Unidad Minera Nonoalco, se identificaron un total de 154 especies pertenecientes a 36 órdenes y 67 familias (Tabla IV.41). La familia Polypodiaceae fue la de mayor representación con 16 especies, seguida de Pteridaceae con 14 especies, Asteraceae con 10 y Dryopteridaceae con nueve especies (Figura IV.68). Con una y dos especies se encuentra 42 y 11 familias respectivamente. Las restantes 10 familias tienen entre tres y siete especies cada una.

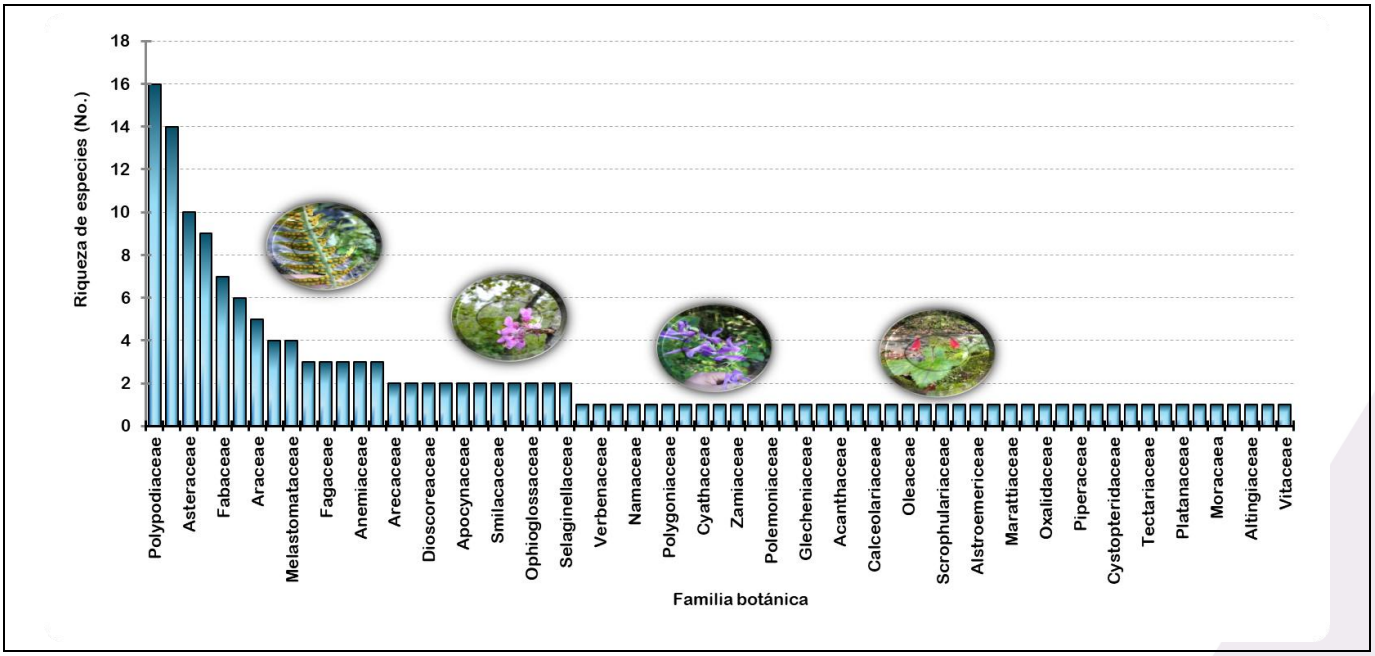



*Figura IV.68. Riqueza específica de las familias a las que pertenecen las 154 especies de flora silvestre identificadas en el área de influencia de la Unidad Minera Nonoalco.*

De las 154 especie de flora silvestre registradas en esta región, 17 de ellas tienen un crecimiento arbóreo, 31 arbustivo, nueve enredaderas y 97 son especies herbáceas. Si bien, en la región predomina la presencia de bosque mesófilo de montaña y bosque de galería, también se encontró la presencia de especies arbóreas de la familia de las fagáceas (género Quercus), y betuláceas (género Alnus y Carpinus), ambas del orden Fagales, que caracteriza a los bosques de encino, encino – pino y pino – encino.

### IV.3.2.2.5.2. Especies de flora silvestre en el área de influencia de la Unidad Minera Nonoalco en categoría de riesgo y en la lista roja

De las ocho especies de flora silvestre identificadas en el SAR que se encuentran en alguna categoría de riesgo, sólo cuatro de ellas se identificaron creciendo en esta región. Dos de estas especies se encuentran sujetas a protección especial (Pr) y las otras dos se clasifican como especies amenazadas.

A nivel del SAR se identificaron 59 especies con alguna categoría de la lista roja de especies amenazadas de la UICN, no obstante, en la región de la Unidad Minera Nonoalco solo se encontraron 19 de estas especies. En la clasificación

de preocupación menor (LC) se encuentran 16 especies, una especie se considera como vulnerable, una más en peligro (EN) y la otra especie se clasifica como casi amenazada (NT).

#### IV.3.2.2.5.3. Índice de valor de importancia de la flora silvestre en el área de influencia de la Unidad Minera Nonoalco

Las especies evaluadas arbóreas y arbustivas que presentaron un mayor IVI fueron: álamo blanco (*Platanus mexicana*), aile (*Alnus acuminata*), liquidámbar (*Liquidambar styraciflua*), y fresno mexicano (*Fraxinus uhdei*) y encino amarillo (*Quercus oleoides*) (Figura IV.69). La especie con valores más altos de dominancia fue el álamo blanco (*P. mexicana*), principalmente por el gran tamaño que puede presentar, llegando casi a los 40 m de altura. Esta especie es característica de la comunidad vegetal conocida como Bosque de Galería, fundamental para los procesos ecológicos e hidrológicos que se llevan a cabo en este tipo de bosques.

Por otro lado, especies como liquidámbar (*L. styraciflua*), fresno (*F. uhdei*) y encino amarillo (*Q. oleoides)* son especies de gran importancia fisionómica para la estructuración de las comunidades vegetales asociadas al Bosque Mesófilo de Montaña, siendo especies que, por su gran tamaño y valores altos de frecuencia y abundancia, fungen como pioneras para la estructuración de este tipo de vegetación.

Finalmente, es importante mencionar que la especie con mayor abundancia en la zona fue el aile (*A. acuminata*), especie que se puede encontrar asociada a claros y bordes. Esto es indicativo de que en esta zona de estudio existe una gran fragmentación del hábitat y pérdida de cobertura vegetal, lo que propicia el mantenimiento de este tipo de especies con un desempeño ecológico más generalista.

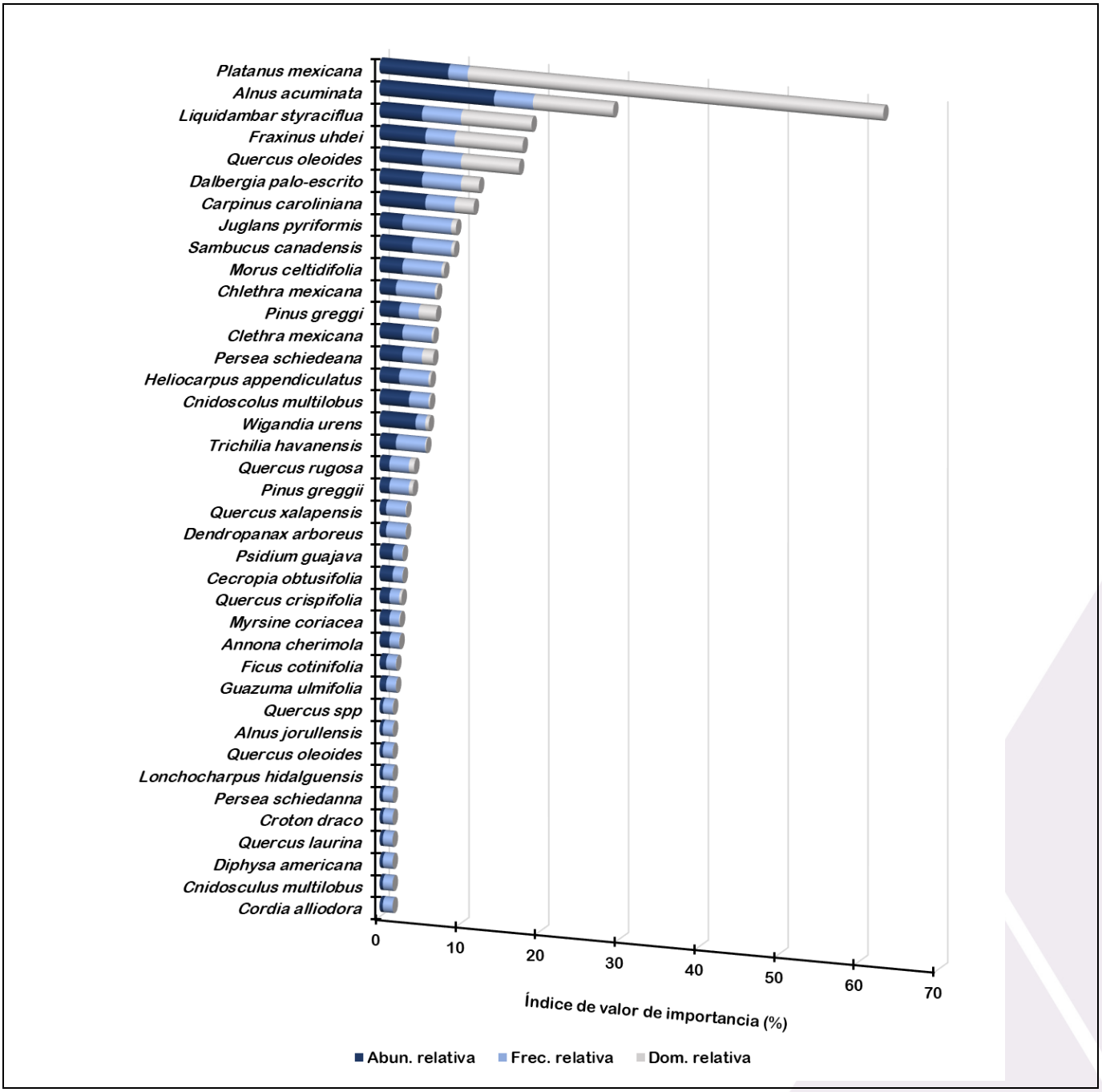



*Figura IV.69. Índice de valor de importancia de las especies arbóreas de flora silvestre identificadas en el área de influencia de la Unidad Minera Nonoalco.*

## IV.3.3. Fauna silvestre

México es considerado a nivel mundial como un país megadiverso en cuanto a su riqueza faunística. De acuerdo con Flores-Villela y García-Vázquez (2014), México posee el 8.7% de los reptiles del mundo, esto con sus 864 especies hasta ahora descritas en 159 géneros y 40 familias, cuando a nivel mundial se reportan 9,834 especies, 1,128

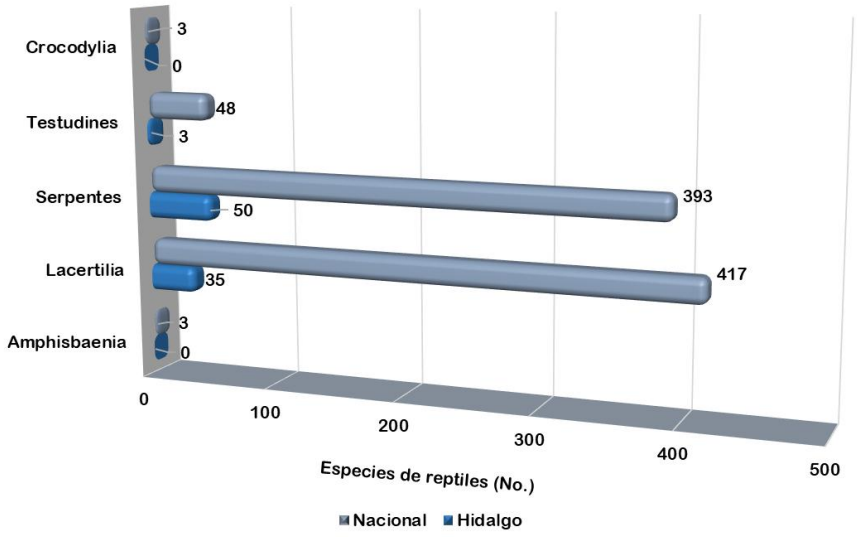
géneros y 89 familias. De las 864 especies, 417 son lagartijas (Lacertilia), 393 serpientes (Serpentes), 48 tortugas, tres anfisbénidos (Amphisbaenia) y tres cocodrilos (Crocodylia).

De acuerdo con lo mencionado por Ceballos y Oliva, citado por Sánchez-Cordero et al. (2014), México ocupa el tercer lugar mundial en cuanto al número de especies de mamíferos con 564 agrupadas en 200 géneros, 46 familias y 14 órdenes. De los 14 órdenes, el Rodentia es el que tiene mayor diversidad con 254 especies, distribuidas en 50 géneros y 9 familias, seguido del Chiroptera con 144 especies en 65 géneros y siete familias. Además, esta clase tiene un gran endemismo, ya que se estima que 157 especies (28%) son endémicas de México, de las cuales 112 especies son del grupo de los roedores y 20 de los soricomorfos (Ceballos y Oliva, citado por Sánchez-Cordero et al., 2014). Y, de acuerdo con el listado de especies en categoría de riesgo, existen 281 especies en clasificadas en alguna categoría de riesgo según la modificación de la NOM-059-SEMARNAT-2010.

Por otro lado, Navarro-Sigüenza et al. (2014) refirieron que México posee cerca del 11% de total de las especies de aves del mundo (1,123 de las 10,500 reportadas, de acuerdo con la nomenclatura de la Amercian Ornithologists' Union), colocando al país en el onceavo lugar de acuerdo con su diversidad avifaunística. De estas, hay que resaltar que el 77% se reproducen en México, casi todas ellas residentes en país, y el resto se clasifican como migrantes de inverno, migrantes de verano y migratorias de paso, las menos. De las 1,123 especies que se han identificado en el país, se considera que entre 194 y 212 son endémicas de México, ubicándose la zona de mayor endemismo en las zonas del Eje Neovolcánico, las Sierras Madre Occidental y del Sur, y en la planicie costera del Pacífico; y 398 especies se encuentran en alguna categoría de riesgo de acuerdo con la modificación del listado de la NOM-059-SEMARNAT-2010. Además, de las 97 familias de aves clasificadas en 26 órdenes, 42 se encuentran en el orden Passeriforme, siendo de mayor diversidad con 531 especies; seguido el orden Charadriiforme con nueve géneros y 115 especies.

A nivel estatal, en Puebla se ha reportado la presencia de 129 especies de reptiles, de los cuales 45 son lagartijas, 82 serpientes, dos tortugas y ningún anfibio ni cocodrilo; mientras que, en Tlaxcala se han identificado solamente 31, 15 lagartijas, 16 serpientes y ningún anfibio, tortuga ni cocodrilo (Flores-Villela y García-Vázquez, 2014) (Figura IV.70).

En Hidalgo se tiene el 8.39% de la diversidad nacional de lagartijas donde se tienen identificadas 417 especies de este grupo a nivel nacional y solo 35 en el Estado. En cuanto a serpientes, es donde se tiene una mayor diversidad en el estado, alcanzando una mayor proporción con respecto a la diversidad nacional, encontrándose el 12.72% de las especies de serpientes identificadas a nivel nacional. Y, en cuanto a diversidad de tortugas, en Hidalgo se tienen únicamente tres de las 48 especies totales identificadas a nivel nacional.

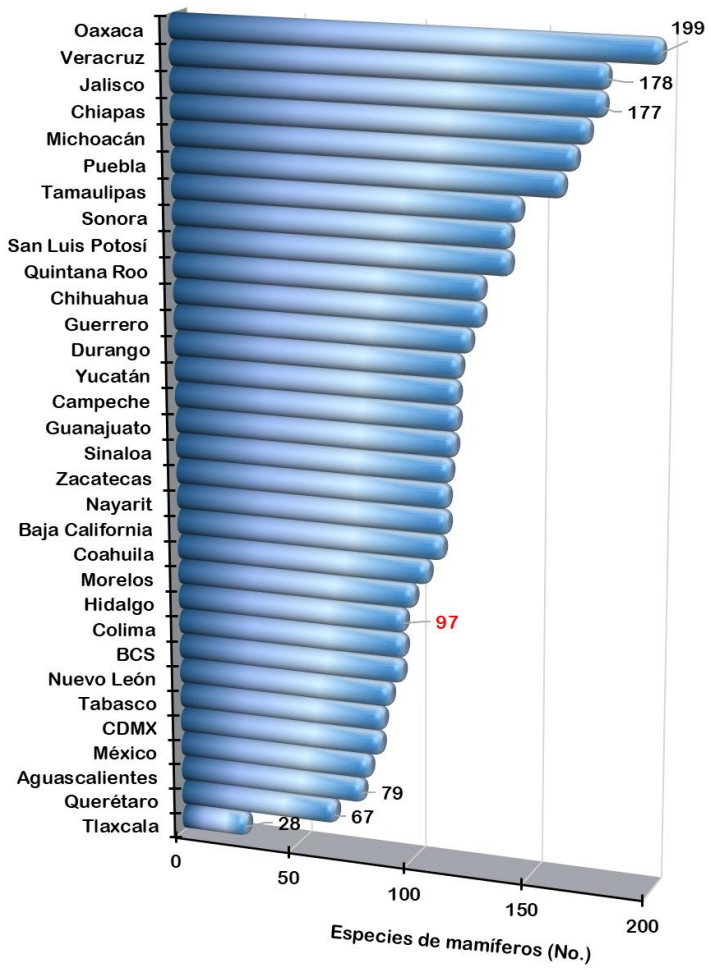



Fuente: Adaptado de Flores-Villela y García-Vázquez (2014).

***Figura IV.70. Comparación de número de especies de reptiles identificadas en el estado de Hidalgo con respecto a la diversidad nacional.***

A nivel de mamíferos, el estado de Hidalgo es el 10º con menor diversidad a nivel nacional con 97 especies, siendo el estado de Oaxaca el de mayor diversidad con 199 especies y Tlaxcala el de menor diversidad con solo 28 especies (Sánchez-Cordero et al., 2014) (Figura IV.71).

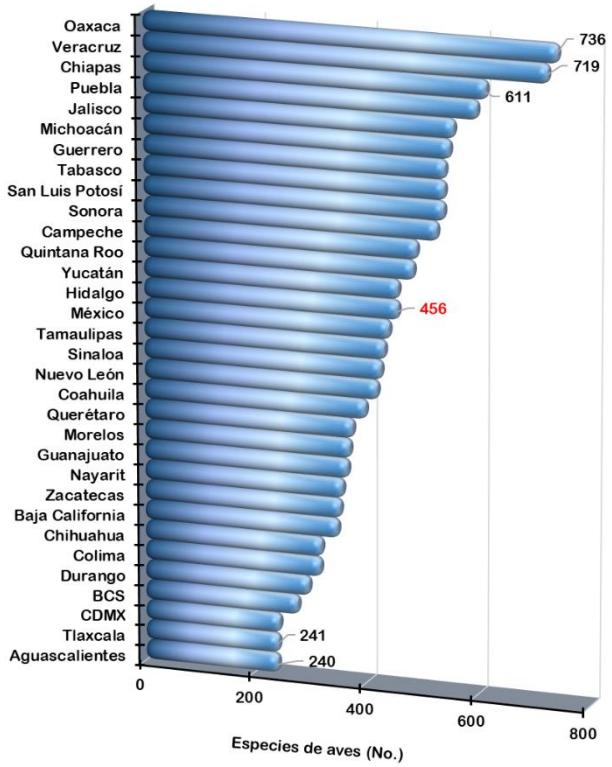
De las 97 especies identificadas en el estado de Hidalgo, 59 son terrestres y 38 voladoras, sin existir mamíferos marinos.




Fuente: Adaptado de Sánchez-Cordero et al. (2014).

***Figura IV.71. Número de especies totales de mamíferos identificadas a nivel estatal.***

Navarro-Singüenza et al. (2014) reportaron que, de las 1,123 especies de aves reportadas a nivel nacional, en el estado de Hidalgo se han identificado 456, lo que representa un 40.61% del número total de especies de esta clase a nivel nacional, siendo el 14º estado con mayor diversidad de esta clase (Figura IV.72). El estado de Oaxaca es el que tiene la mayor diversidad de esta clase a nivel nacional con 65.54% del total de las especies y, por lo contrario, el estado de Aguascalientes es el que tiene la menor diversidad de todas las entidades federativas con solo el 21.37% de las especies de aves.




Fuente: Adaptado de Navarro-Singüeza et al. (2014).

*Figura IV.72. Número de especies totales de aves identificadas a nivel estatal.*

### IV.3.3.1. Fauna silvestre en el SAR

La diversidad faunística de una región es un componente muy dinámico, conforme puede incrementar el número de especies identificadas puede disminuir su diversidad. El incremento se da por el descubrimiento de nuevas especies conforme se van desarrollando nuevos trabajos, más profundos y específicos en una región determinada. Y, contrario a ello, desafortunadamente, lo que con más frecuencia sucede es la pérdida de la diversidad de especies en determinadas regiones, o menos drástico, de la abundancia del número de ejemplares de determinadas especies.

El descubrimiento de nuevas especies normalmente tiene lugar en ecosistemas que no han sido alterados o este ha sido menor. Por lo contrario, las pérdidas de especies, o su abundancia, se da en ecosistemas que han sufrido fuertes alteraciones, ya sean por cuestiones naturales, como huracanes, o por intervenciones antrópicas. El desarrollo de actividades productivas, urbanas y turísticas son de las de mayor impacto negativo en la riqueza faunística ya que implican la alteración, incluso la desaparición, de ecosistemas en grandes extensiones.

Entre estas actividades podemos mencionar el desarrollo de los grandes distritos de riego para la producción de productos agropecuarios, explotaciones mineras a cielo abierto, habilitación de centros turísticos – recreativos, la creación de parques industriales y el desarrollo de centros urbanos. Todas estas actividades tienen el denominador común que para poderse llevar a cabo implican la remoción de la vegetación y, con ello, la pérdida o, en el mejor de los casos, la disminución de la funcionalidad ambiental del área con la fragmentación de ecosistemas que ejecución implica.

Adicionalmente, González (2019) menciona que existen otros factores relacionados con la actividad humana que ocasionan una acelerada pérdida de biodiversidad, así como de la abundancia de ejemplares en una región. Además de mencionar la pérdida de hábitat, tanto en calidad como en calidad, incluye a:

- La introducción de especies exóticas invasoras;
- La contaminación generada en el hábitat por el uso de productos químicos tóxicos;
- La sobrepoblación humana y su efecto en el consumo de los recursos naturales, y
- Sobreexplotación o sobre aprovechamiento de las poblaciones de la avifauna.

La fauna silvestre en el área del SAR es un componente ambiental que ha sido alterado principalmente por dar paso al desarrollo de las actividades agropecuarias y forestales, donde el 41.40% de la superficie del SAR tiene un uso de suelo para la agricultura, ya sea de temporal o de riego, así como temporal, semipermanente y permanente, más el área destinada a pastizales cultivados, y el 0.50% ha sufrido afectaciones para la construcción de asentamientos humanos. En suma, el 42.21% de las 38,998.68 ha del SAR, incluyendo las áreas sin vegetación y cuerpos de agua, no cuentan con la cobertura vegetal que en un momento dado podría funcionar como sitio de alimentación, reproducción, refugio y percheo de la fauna silvestre presente.

#### IV.3.3.1.1. Muestreo de fauna silvestre

La fauna silvestre del SAR se caracterizó mediante la realización de trabajos de campo aplicando metodologías específicas por clase. El trabajo se llevó a cabo en diferentes periodos: el primer periodo tuvo lugar del 04 al 09 de septiembre de 2024; el segundo del 28 de septiembre al 04 de octubre y, el tercero del 11 al 16 de noviembre del mismo año.

Cabe hacer mención, que los periodos de muestreo para la caracterización de la fauna silvestre coincidieron con los muestreos para la caracterización de la flora silvestre. También hubo coincidencia en los sitios de muestreo seleccionados para la caracterización de ambos componentes bióticos, con la facilidad de que las observaciones de fauna silvestre se pueden realizar en diferentes sitios, condiciones y horas. Las áreas específicas de muestreo se siguieron bajo el conocimiento práctico de los técnicos especialistas que realizaron el trabajo de campo, considerando la representatividad de los diferentes tipos de vegetación y usos de suelo.

Además, en la actualidad existe la facilidad de que con el uso de nuevas técnicas se puede prolongar el periodo de muestreo sin invertir horas hombre, lo que permite prolongar el periodo de muestreo y capturar la evidencia de la presencia de fauna silvestre en ciertos periodos de tiempo y condiciones que son difíciles de ver de manera directa por un observador. Además, de que las entrevistas a pobladores de la región sobre su conocimiento de la fauna silvestre enrique y confirma la lista de diversidad de estos ejemplares en las localidades.

##### IV.3.3.1.1.1. Muestreo de anfibios y reptiles

La búsqueda de anfibios y reptiles se realizó empleando un método de muestreo de transectos en franja a pie, utilizando las técnicas convencionales de recolecta descritas por Casas-Andreu *et al.* (1991). Dichas técnicas consisten en realizar una búsqueda en todos los microhábitats en los que se pueden encontrar estos organismos: debajo de rocas, troncos secos, dentro de agujeros en la tierra, sobre el suelo, arbustos y árboles. Los recorridos de

búsqueda se realizaron en dos horarios, de 8:00 a 13:00 horas y de 16:00 a 20:00 horas, registrando todos los organismos observados en el transecto, a través del método de conteo visual.

Para la realización de los muestreos, se priorizaron zonas con una buena accesibilidad y mayor probabilidad de avistamientos.

Para realizar una adecuada determinación taxonómica de las especies, así como para obtener fotografías de los individuos observados, fue necesaria la captura de algunos organismos. El método de captura dependió esencialmente del organismo a recolectar, pudiéndose tomar directamente con la mano o con ayuda de materiales como ganchos herpetológicos, ligas de plástico, pinzas de disección de 30 cm, sacos de manta y bolsas de plástico. Para cada uno de los ejemplares observados se tomaron los siguientes datos: nombre de la especie, fecha, coordenadas geográficas y tipo de vegetación en la que se encontró; además, se fotografiaron algunas de las especies observadas en la zona de estudio.

La determinación taxonómica de todas las especies observadas en los transectos de muestreo se realizó con la ayuda de literatura especializada y utilizando las claves taxonómicas de Flores-Villela *et al*. (1995).

#### IV.3.3.1.1.2. Muestreo de mastofauna

Los muestreos correspondientes a este grupo se realizaron del 04 de septiembre al 16 de diciembre de 2024. Este grupo fue muestreado a través de métodos directos e indirectos.

El muestreo directo consistió en la realización de transectos dentro de los subpolígonos para la búsqueda activa de huellas y excretas, esto con la intención de reconocer pasos de fauna, madrigueras y zonas de descanso de mamíferos. Lo anterior fue clave para la identificación de espacios adecuados para la instalación de cámaras trampa, las cuales se programaron en modo fotografía para complementar la información obtenida a partir de los rastros. Dado que los objetivos del presente estudio eran únicamente conocer la diversidad de mamíferos presentes en el área, las cámaras fueron colocadas de manera no sistematizada.

Para la instalación de las cámaras trampa se consideraron zonas despejadas que estuvieran cercanas a los rastros de actividad de los organismos. Los dispositivos fueron colocados en troncos a 50 cm de altura y manteniendo una distancia mínima de tres metros entre la cámara y el rastro identificado. Adicionalmente, en las zonas de enfoque, se colocaron cebos atractivos para las distintas especies (ej. esencia de vainilla, comida comercial para gatos, sardina y atún). En total se colocaron 25 dispositivos distribuidos en tres visitas: nueve cámaras durante el primer muestreo en el área de la Unidad Minera Molango (04 de septiembre al 28 de septiembre de 2024), y ocho cámaras en cada uno de los muestreos realizados en las áreas de las unidades mineras Naopa (29 de septiembre al 11 de noviembre de 2024) y Nonoalco (11 de noviembre al 16 de diciembre de 2024).

Las imágenes obtenidas fueron analizadas bajo un criterio que garantiza la independencia temporal de las observaciones y evita la sobreestimación del número de registros por especie. Para ello, se estableció un intervalo mínimo de 24 horas entre cada registro (Chávez *et al.* 2013). Además, para evitar contabilizar al mismo individuo más de una vez, solo se asumió la presencia de individuos diferentes cuando la fotografía mostraba claramente más de un organismo en la misma imagen. Es importante mencionar que, en ningún momento, se tiene la garantía de que los registros correspondan a individuos distintos entre diferentes observaciones, ya que no se utilizó ningún método específico para asegurar dicha distinción.

Adicionalmente, se instalaron trampas de captura para mamíferos pequeños y medianos tipo Sherman y Tomahawk. Estas fueron dispuestas al ras del suelo para los organismos con hábitos terrestres; además, se colocaron algunas trampas en ramas de los árboles para la captura de individuos con comportamiento arborícola.

El muestreo indirecto de mastofauna consistió en la observación e identificación de huellas, excretas, madrigueras y zonas de descanso, para ello, se realizaron transectos dentro de los subpolígonos. Para la interpretación de los rastros se utilizó la clave de Aranda-Sánchez (2012).

#### IV.3.3.1.1.3. Muestreo de avifauna

Para caracterizar la composición y abundancia de la comunidad de aves en el SAR, se designaron 38 puntos de conteo de 30 m de radio fijo separados por al menos 200 m, esto para asegurar la independencia de los datos obtenidos (Hutto *et al*., 1986; Ralph *et al.*, 1996). Estos fueron visitados en días en los que no se presentaran lluvias, que no estuviera nublado y durante las primeras horas después del amanecer, ya que este lapso coincide con el horario de mayor actividad de las aves (Gilardi y Munn, 1998). Además, los puntos fueron establecidos en zonas alejadas del tránsito humano y con niveles bajos de ruido, esto para evitar que las aves fueran ahuyentadas y así facilitar la identificación auditiva de sus cantos.

En cada punto de conteo se registraron todas las especies observadas y escuchadas durante un periodo de 15 minutos y la cantidad de individuos observados o escuchados cuando se tenía la certeza de que fueran individuos diferentes. La identificación de aves se realizó utilizando guías de campo especializadas, binoculares y grabaciones de cantos para la correcta identificación de las especies presentes.

Finalmente, se elaboraron curvas de rango-abundancia de Whittaker (Magurran, 2004) para identificar la composición de especies de las comunidades de aves correspondientes a cada una de las unidades del complejo minero Autlán (Molango, Naopa, Nonoalco).

Para la elaboración de los listados taxonómicos, se ordenaron las especies de aves registradas en cada uno d ellos tres periodos de muestreo, de acuerdo con los criterios taxonómicos del International Ornithological Council (Gill et al., 2022). También se registró la categoría de riesgo de conservación para cada especie de acuerdo con la NOM-059-SEMARNAT-2010 y la lista roja de especies amenazadas de la UICN.

Además, se utilizaron las categorías de endemismo de acuerdo con la CONABIO (Berlanga et al. 2015), donde se presentan las siguientes categorías para endemismo: endémica (E, exclusiva del país o región), semiendémica (SE, exclusiva solamente durante una época del año), cuasiendémica (CE, pequeña parte de su distribución fuera del país), exótica (EX, especie que no es nativa del país o región), Invasora (I, especie que amenaza la diversidad biológica nativa) y no endémica (NE, especies no exclusivas del país o región).

### IV.3.3.1.2. Caracterización de la fauna silvestre en el SAR

El trabajo de campo realizado para caracterizar la diversidad de fauna silvestre en el polígono del SAR dio como resultado un listado general de 149 especies agrupando todas las taxas observadas directa e indirectamente más las obtenidas mediante entrevistas (Tabla IV.42). No obstante, de este gran total, las aves tuvieron la mayor diversidad de entre las cuatro clases con 123 especies. Muy abajo estuvieron los mamíferos con 17 especies, los anfibios con seis y, por último, los reptiles con solo tres especies.

Las seis especies de anfibios estuvieron agrupadas en cuatro géneros y tres familias, todas pertenecientes al orden Anura. La familia bufonidae (sapos) fue la más diversa, agrupando a la mitad de los anfibios, con tres especies y dos géneros. La familia ranidae tuvo dos especies, ambas pertenecientes al género *Lithobates*, y la familia Eleuthrodactylidae tuvo una especie; ambas familias agrupan a especies de ranas.

Las tres especies de reptiles identificadas pertenecen a dos géneros y mismo número de familias, ambas del orden Squamata. De las especies, una es la culebra de agua del género *Thamnophis*, y dos lagartijas del género *Sceloporus*.

La clase Mammalia agrupa a seis órdenes, 12 familias, 15 géneros y 17 especies. El género Sciurus fue el único que tuvo más de una especie, en este caso fueron tres especies de ardillas. El orden Carnivora estuvo integrado por cinco familias y ocho géneros y especies. Los órdenes Rodentia y Artiodactyla tuvieron dos familias en ambos casos, solo que el primero agrupa cuatro especies y el segundo solo dos. Por último, los órdenes Cingulata, Didelphimorphia y Lagomorpha solo tuvieron una familia, género y especie, en cada caso.

Las 123 especies de aves se agrupan en 14 órdenes, 31 familias y 85 géneros. El orden Passeriforme tuvo 17 familias, el orden Galliforme dos y los restantes 12 órdenes solo tuvieron una sola familia. Las familias Parulidae y Tyrannidae, del orden Passeriformes, fueron las más diversas con 16 especies cada una, con la diferencia que la primera está presente con ocho géneros y la segunda con 10. A estas familias les siguió la familia Cardinalidae, también del orden, Passeriformes, con 10 especies y cinco géneros. Por el contrario, 11 familias tuvieron una sola especie y cinco dos especies, el resto de las 12 familias tuvieron entre tres y nueve especies.

***Tabla IV.42. Listado general de especies de fauna silvestre identificadas en los muestreos realizados en el SAR del proyecto incluyendo las unidades del Distrito Minero Autlán, así como la identificación de su relevancia ambiental.***

| ID | Clase | Orden | Familia | Nombre común | Nombre científico | Molango | Naopa | Nonoalco | NOM-059[1] | UICN[2] | Endemismo[3] |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | Amphibia | Anura | Bufonidae | Sapo nebuloso | *Incilius nebulifer* | X | X | --- | --- | LC | --- |
| 2 | | | | Sapo de pino | *Incilius occidentalis* | --- | X | --- | --- | LC | --- |
| 3 | | | | Sapo de caño | *Rhinella marina* | X | --- | --- | --- | LC | --- |
| 4 | | | Eleutherodactylidae | Ranita chirriadora | *Eleutherodactylus* cystignathoides | X | --- | --- | --- | LC | --- |
| 5 | | | Ranidae | Rana Leopardo | *Lithobates berlandieri* | --- | X | X | Pr | LC | --- |
| 6 | | | | Ranita de dedos largos | *Lithobates spectabilis* | --- | --- | X | --- | LC | --- |
| | | | | | | | | | | | |
| 1 | Reptilia | Squamata | Natricidae | Culebra de agua | *Thamnophis eques* | --- | X | --- | A | LC | --- |
| 2 | | | Phrynosomatidae | Lagartija escamosa del mezquite | *Sceloporus grammicus* | --- | X | --- | Pr | LC | --- |
| 3 | | | | Lagartija escamosa panza rosada | *Sceloporus variabilis* | X | --- | --- | --- | LC | --- |
| | | | | | | | | | | | |
| 1 | Mammalia | Artiodactyla | Cervidae | Temazate rojo | *Mazama temama* | --- | X | --- | --- | DD | NE |
| 2 | | | Tayassuidae | Pecarí de collar | *Pecari tajacu* | --- | --- | X | --- | LC | NE |
| 3 | | Carnivora | Canidae | Zorra gris | *Urocyon cinereoargenteus* | X | X | X | --- | LC | NE |
| 4 | | | Felidae | Yaguarundi | *Herpailurus yagouaroundi* | --- | X | --- | A | LC | NE |
| 5 | | | | Tigrillo | *Leopardus wiedii* | X | X | X | P | NT | NE |
| 6 | | | Mephitidae | Zorrillo manchado occidental | *Spilogale gracilis* | --- | --- | X | --- | LC | NE |
| 7 | | | Mustelidae | Viejo de monte | *Eira barbara* | --- | X | --- | P | LC | NE |
| 8 | | | Procyonidae | Cacomixtle norteño | *Bassariscus astutus* | --- | --- | X | --- | LC | NE |
| 9 | | | | Coatí | *Nassua narica* | --- | X | --- | --- | | NE |
| 10 | | | | Mapache | *Procyon lotor* | X | X | X | --- | LC | NE |
| 11 | | Cingulata | Dasypodidae | Armadillo de nueve bandas | *Dasypus novemcinctus* | X | X | X | --- | LC | NE |
| 12 | | Didelphimorphia | Didelphidae | Tlacuache norteño | *Didelphis virginiana* | X | X | X | --- | LC | NE |
| 13 | | Lagomorpha | Leporidae | Conejo de monte | *Sylvilagus cunicularius* | --- | --- | X | --- | LC | NE |
| 14 | | Rodentia | Geomyidae | Tuza crespa | *Heterogeomys hispidus* | --- | --- | X | --- | --- | NE |

| ID | Clase | Orden | Familia | Nombre común | Nombre científico | Molango | Naopa | Nonoalco | NOM-059[1] | UICN[2] | Endemismo[3] |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 15 | | | Sciurinae | Ardilla | *Sciurus aculatus* | X | X | X | --- | --- | NE |
| 16 | | | | Ardilla vientre rojo | *Sciurus aureogaster* | --- | X | X | --- | LC | NE |
| 17 | | | | Ardilla tropical | *Sciurus deppei* | --- | --- | X | --- | LC | NE |
| | | | | | | | | | | | |
| 1 | Aves | Accipitriformes | Accipitridae | Aguililla cola roja | *Buteo jamaicensis* | X | --- | --- | --- | LC | --- |
| 2 | | Apodiformes | Trochilidae | Colibrí garganta rubí | *Archilochus colubris* | X | X | --- | --- | LC | --- |
| 3 | | | | Colibrí orejas blancas | *Basilinna leucotis* | --- | --- | X | --- | LC | --- |
| 4 | | | | Colibrí magnífico | *Eugenes fulgens* | --- | X | --- | --- | LC | --- |
| 5 | | | | Colibrí garganta amatista | *Lampornis amethystinus* | --- | X | --- | --- | LC | --- |
| 6 | | | | Fandanguero mexicano | *Pampa curvipennis* | --- | X | --- | --- | LC | --- |
| 7 | | | | Colibrí corona azul | *Saucerottia cyanocephala* | X | X | X | --- | LC | --- |
| 8 | | Caprimulgiformes | Caprimulgidae | Chotacabras pauraque | *Nyctidromus albicollis* | --- | X | --- | --- | LC | --- |
| 9 | | Cathartiformes | Cathartidae | Zopilote aura | *Cathartes aura* | X | X | X | --- | LC | --- |
| 10 | | | | Zopilote común | *Coragyps atratus* | X | --- | --- | --- | LC | --- |
| 11 | | Columbiformes | Columbidae | Maullador gris | *Dumetella carolinensis* | --- | X | X | --- | LC | --- |
| 12 | | | | Paloma canela | *Geotrygon montana* | --- | X | --- | --- | LC | --- |
| 13 | | | | Paloma arroyera | *Leptotila verreauxi* | X | X | X | --- | LC | --- |
| 14 | | | | Paloma encinera | *Patagioenas fasciata* | X | --- | --- | --- | LC | --- |
| 15 | | | | Paloma cara blanca | *Zentrygon albifacies* | --- | X | X | A | LC | --- |
| 16 | | Falconiformes | Falconidae | Halcón selvático de collar | *Micrastur semitorquatus* | X | --- | --- | Pr | LC | --- |
| 17 | | Galliformes | Cracidae | Chachalaca vetula | *Ortalis vetula* | X | --- | --- | --- | LC | --- |
| 18 | | | Odontophoridae | Codorniz coluda veracruzana | *Dendrortyx barbatus* | X | --- | X | P | | E |
| 19 | | Gruiformes | Rallidae | Gallareta americana | *Fulica americana* | X | --- | --- | --- | LC | --- |
| 20 | | Passeriformes | Cardinalidae | Cardenal rojo | *Cardinalis cardinalis* | X | --- | X | --- | LC | --- |
| 21 | | | | Piranga hormiguera corona roja | *Habia rubica* | --- | X | X | --- | LC | --- |
| 22 | | | | Picogordo azul | *Passerina caerulea* | X | --- | --- | --- | LC | --- |
| 23 | | | | Picogordo degollado | *Pheucticus ludovicianus* | --- | --- | X | --- | LC | SE |

| ID | Clase | Orden | Familia | Nombre común | Nombre científico | Molango | Naopa | Nonoalco | NOM-059[1] | UICN[2] | Endemismo[3] |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 24 | | | | Picogordo tigrillo | *Pheucticus melanocephalus* | --- | --- | X | --- | LC | --- |
| 25 | | | | Piranga dorso rayado | *Piranga bidentata* | --- | X | X | --- | LC | --- |
| 26 | | | | Piranga encinera | *Piranga flava* | --- | X | --- | --- | LC | --- |
| 27 | | | | Piranga alas blancas | *Piranga leucoptera* | --- | --- | X | --- | LC | --- |
| 28 | | | | Piranga capucha roja | *Piranga ludoviciana* | --- | --- | X | --- | LC | --- |
| 29 | | | | Piranga roja | *Piranga rubra* | X | X | X | --- | LC | --- |
| 30 | | | Corvidae | Chara pea | *Cyanocorax morio* | X | X | --- | --- | LC | --- |
| 31 | | | | Chara verde | *Cyanocorax yncas* | X | X | X | --- | LC | --- |
| 32 | | | Emberizidae | Junco ojos de lumbre | *Junco phaenotus* | X | --- | --- | --- | --- | CE |
| 33 | | | Fringillidae | Eufonia gorra azul | *Chlorophonia elegantissima* | --- | X | --- | --- | --- | --- |
| 34 | | | | Eufonia garganta amarilla | *Euphonia hirundinacea* | X | X | --- | --- | LC | --- |
| 35 | | | | Pinzón mexicano | *Haemorhous mexicanus* | --- | X | --- | --- | LC | --- |
| 36 | | | | Jilguerito encapuchado | *Spinus notatus* | --- | X | --- | --- | LC | --- |
| 37 | | | | Jilguerito pinero | *Spinus pinus* | --- | --- | X | --- | LC | --- |
| 38 | | | | Jilguerito dominico | *Spinus psaltria* | X | --- | X | --- | LC | --- |
| 39 | | | Furnariidae | Musguero castaño | *Clibanornis rubiginosus* | X | --- | --- | A | LC | --- |
| 40 | | | | Trepatroncos corona punteada | *Lepidocolaptes affinis* | --- | X | --- | --- | LC | --- |
| 41 | | | | Trepatroncos cabeza gris | *Sittasomus griseicapillus* | --- | X | --- | --- | LC | --- |
| 42 | | | | Trepatroncos bigotudo | *Xiphorhynchus flavigaster* | X | --- | --- | --- | LC | --- |
| 43 | | | Icteridae | Calandria capucha negra | *Icterus graduacauda* | X | X | X | --- | LC | CE |
| 44 | | | | Calandria castaña | *Icterus spurius* | X | --- | --- | --- | LC | --- |
| 45 | | | | Zanate mexicano | *Quiscalus mexicanus* | X | --- | --- | --- | LC | --- |
| 46 | | | Mimidae | Mulato Azul | *Melanotis caerulescens* | X | --- | X | --- | LC | --- |
| 47 | | | | Cuicacoche pico curvo | *Toxostoma curvirostre* | X | --- | --- | --- | LC | --- |
| 48 | | | | Cuicacoche pico largo | *Toxostoma longirostre* | --- | --- | X | --- | LC | CE |
| 49 | | | Paridae | Carbonero embridado | *Baeolophus wollweberi* | --- | --- | X | --- | LC | --- |
| 50 | | | Parulidae | Chipe Cejas Doradas | *Basileuterus belii* | --- | X | X | --- | --- | --- |

| ID | Clase | Orden | Familia | Nombre común | Nombre científico | Molango | Naopa | Nonoalco | NOM-059[1] | UICN[2] | Endemismo[3] |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 51 | | | | Chipe Cejas Negras | *Basileuterus culicivorus* | --- | --- | X | --- | LC | --- |
| 52 | | | | Chipe Gorra Canela común | *Basileuterus rufifrons* | X | X | X | --- | LC | CE |
| 53 | | | | Chipe corona negra | *Cardellina pusilla* | --- | X | X | --- | LC | --- |
| 54 | | | | Chipe lores negros | *Geothlypis tolmiei* | --- | X | X | A | LC | --- |
| 55 | | | | Chipe oliváceo | *Leiothlypis celata* | --- | --- | X | --- | LC | --- |
| 56 | | | | Chipe Cabeza Gris | *Leiothlypis ruficapilla* | --- | --- | X | --- | LC | --- |
| 57 | | | | Chipe trepador | *Mniotilta varia* | --- | --- | X | --- | LC | --- |
| 58 | | | | Pavito alas nergas | *Myioborus miniatus* | --- | X | --- | --- | LC | --- |
| 59 | | | | Pavito alas rojas | *Myioborus pictus* | --- | X | X | --- | LC | --- |
| 60 | | | | Chipe arroyero | *Parkesia motacilla* | --- | X | --- | --- | LC | --- |
| 61 | | | | Chipe rabadilla amarilla | *Setophaga coronata* | --- | X | X | --- | LC | --- |
| 62 | | | | Chipe amarillo | *Setophaga petechia* | X | --- | --- | --- | LC | --- |
| 63 | | | | Chipe tropical | *Setophaga pitiayumi* | --- | X | --- | --- | LC | --- |
| 64 | | | | Chipe de townsend | *Setophaga townsendi* | --- | --- | X | --- | LC | --- |
| 65 | | | | Chipe dorso verde | *Setophaga virens* | --- | X | X | --- | LC | --- |
| 66 | | | Passerellidae | Zacatonero canelo | *Aimophila rufescens* | X | --- | --- | --- | LC | --- |
| 67 | | | | Rascador gorra castaña | *Arremon brunneinucha* | X | X | X | --- | LC | --- |
| 68 | | | | Rascador oliváceo | *Arremonops rufivirgatus* | X | X | --- | --- | LC | CE |
| 69 | | | | Gorrión de Lincoln | *Melospiza lincolnii* | --- | --- | X | --- | LC | --- |
| 70 | | | Polioptilidae | Perlita azulgrís | *Polioptila caerulea* | X | X | --- | --- | LC | --- |
| 71 | | | Regulidae | Reyezuelo matraquita | *Corthylio calendula* | --- | X | X | --- | LC | --- |
| 72 | | | Thraupidae | Chinchinero común | *Chlorospingus flavopectus* | X | X | X | --- | LC | --- |
| 73 | | | | Saltador cabeza negra | *Saltator atriceps* | --- | X | --- | --- | LC | --- |
| 74 | | | | Saltador gris mesoamericano | *Saltator grandis* | --- | X | --- | --- | LC | --- |
| 75 | | | | Semillero de collar | *Sporophila moreletti* | X | --- | --- | --- | | --- |
| 76 | | | | Semillero oliváceo | *Tiaris olivaceus* | X | --- | --- | --- | LC | --- |
| 77 | | | Troglodytidae | Saltapared pecho gris | *Henicorhina leucophrys* | --- | X | X | --- | LC | --- |

| ID | Clase | Orden | Familia | Nombre común | Nombre científico | Molango | Naopa | Nonoalco | NOM-059[1] | UICN[2] | Endemismo[3] |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 78 | | | | Saltapared moteado | *Pheugopedius maculiptecus* | X | X | X | --- | --- | --- |
| 79 | | | | Saltapared cola larga | *Thryomanes bewickii* | --- | X | --- | --- | LC | --- |
| 80 | | | | Saltapared común | *Troglodytes aedon* | X | X | X | --- | LC | --- |
| 81 | | | Turdidae | Zorzal pico naranja | *Catharus aurantiirostris* | --- | | X | --- | LC | --- |
| 82 | | | | Zorzal corona negra | *Catharus mexicanus* | --- | X | --- | Pr | LC | --- |
| 83 | | | | Clarín jilguero | *Myadestes occidentalis* | X | X | X | Pr | LC | --- |
| 84 | | | | Clarín unicolor | *Myadestes unicolor* | X | | --- | A | LC | --- |
| 85 | | | | Mirlo café | *Turdus grayi* | X | X | --- | --- | LC | --- |
| 86 | | | | Mirlo primavera | *Turdus migratorius* | X | | --- | --- | LC | --- |
| 87 | | | Tyrannidae | Papamoscas José María | *Contopus pertinax* | | X | X | --- | LC | --- |
| 88 | | | | Papamoscas del oeste | *Contopus sordidulus* | X | | --- | --- | LC | --- |
| 89 | | | | Papamoscas del este | *Contopus virens* | X | | --- | --- | LC | --- |
| 90 | | | | Papamoscas amarillo del Pacífico | *Empidonax difficilis* | --- | X | X | --- | LC | CE |
| 91 | | | | Papamoscas vientre amarillo | *Empidonax flaviventris* | --- | X | --- | --- | LC | --- |
| 92 | | | | Papamoscas de Hammond | *Empidonax hammondii* | --- | --- | X | --- | LC | --- |
| 93 | | | | Papamoscas Bajacolita | *Empidonax wrightii* | --- | --- | X | --- | LC | SE |
| 94 | | | | Mosquerito ocre | *Mionectes oleagineus* | --- | X | --- | --- | LC | --- |
| 95 | | | | Papamoscas Copetón | *Mitrephanes phaeocercus* | --- | --- | X | --- | LC | --- |
| 96 | | | | Papamoscas triste | *Myiarchus tuberculifer* | X | X | X | --- | LC | --- |
| 97 | | | | Luisito común | *Myiozetetes similis* | X | X | X | --- | LC | --- |
| 98 | | | | Bienteveo común | *Pitangus sulphuratus* | X | X | --- | --- | LC | --- |
| 99 | | | | Mosquero cardenal | *Pyrocephalus rubinus* | X | --- | X | --- | LC | --- |
| 100 | | | | Papamoscas fibí | *Sayornis phoebe* | --- | --- | X | --- | LC | --- |
| 101 | | | | Tirano cuir | *Tyrannus couchii* | X | X | --- | --- | LC | --- |
| 102 | | | | Tirano piririí | *Tyrannus melancholicus* | X | X | X | --- | LC | --- |
| 103 | | | Vireonidae | Vireón cejas canela | *Cyclarhis gujanensis* | X | X | X | --- | LC | --- |
| 104 | | | | Vireo de Cassin | *Vireo cassinii* | --- | --- | X | --- | LC | SE |

| ID | Clase | Orden | Familia | Nombre común | Nombre científico | Molango | Naopa | Nonoalco | NOM-059[1] | UICN[2] | Endemismo[3] |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 105 | | | | Vireo verdeamarillo | *Vireo flavoviridis* | X | X | X | --- | LC | --- |
| 106 | | | | Vireo gorjeador | *Vireo gilvus* | --- | X | X | --- | LC | --- |
| 107 | | | | Vireo ojos blancos | *Vireo griseus* | X | X | X | --- | LC | --- |
| 108 | | | | Vireo gorra café | *Vireo leucophrys* | --- | X | X | --- | LC | --- |
| 109 | | | | Vireo ojos rojos | *Vireo olivaceus* | --- | X | X | --- | LC | --- |
| 110 | | | | Vireo plomizo | *Vireo plumbeus* | X | --- | --- | --- | LC | --- |
| 111 | | | | Vireo anteojillo | *Vireo solitarius* | --- | X | --- | --- | LC | --- |
| 112 | | Pelecaniformes | Ardeidae | Garza Ganadera Occidental | *Ardea ibis* | --- | --- | X | --- | LC | EX |
| 113 | | | | Garza dedos dorados | *Egretta thula* | --- | X | --- | --- | LC | --- |
| 114 | | Piciformes | Picidae | Carpintero olivo | *Colaptes rubiginosus* | --- | X | --- | --- | LC | --- |
| 115 | | | | Carpintero mexicano | *Dryobates scalaris* | X | --- | --- | --- | LC | --- |
| 116 | | | | Carpintero café | *Leuconotopicus fumigatus* | X | --- | --- | --- | LC | --- |
| 117 | | | | Carpintero albinegro mayor | *Leuconotopicus villosus* | --- | --- | X | --- | LC | --- |
| 118 | | | | Carpintero bellotero | *Melanerpes formicivorus* | X | X | X | --- | LC | --- |
| 119 | | Psittaciformes | Psittacidae | Perico mexicano | *Psittacara holochlorus* | X | X | --- | A | LC | --- |
| 120 | | Strigiformes | Strigidae | Tecolote oyamelero norteño | *Aegolius acadicus* | --- | X | --- | --- | LC | --- |
| 121 | | | | Búho café | *Strix virgata* | --- | X | --- | --- | LC | --- |
| 122 | | Trogoniformes | Trogonidae | Coa de collar | *Trogon collaris* | X | --- | --- | Pr | LC | --- |
| 123 | | | | Coa mexicana | *Trogon mexicanus* | --- | X | --- | --- | LC | --- |

[1] Categoría de riesgo con base en la MODIFICACIÓN del Anexo Normativo III, Lista de especies en riesgo de la Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010, Protección ambiental-Especies nativas de México de flora y fauna silvestres-Categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio-Lista de especies en riesgo, el cual fue publicado en el Diario Oficial de la Federación el 14 de noviembre de 2019. Categorías de riesgo: Pr = Protección especia; P = Peligro de extinción; A = Amenazada y, E = Extinta en el medio silvestre.

[2] Clasificación de las especies de acuerdo con la lista roja de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN): LC = Preocupación menor; DD = Datos deficientes; VU = Vulnerable; EN = En peligro; NT = Casi amenazada; CR = En peligro crítico; EW = Extinto en estado silvestre, y, EX = Extinto.

[3] Endemismo: E = Endémica exclusiva del país o región); SE = Semiendémica; CE = Cuasiendémica; EX = Exótica; I = Invasora, y, NE = No endémica.

#### IV.3.3.1.2.1. Especies de fauna silvestre en categoría de riesgo

La determinación de la clasificación de riesgo de las especies de fauna silvestre identificas en el SAR se realizó de la misma manera que se hizo con la flora silvestre. El procedimiento consistió en verificar la categoría de riesgo con base en lo establecido en la norma oficial mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010, la cual fue publicada el 14 de noviembre de 2019 en el Diario Oficial de la Federación, la cual tiene como objetivo identificar las especies o poblaciones de flora y fauna silvestres en riesgo en la República Mexicana. En dicha norma, las especies en riesgo se clasifican en cuatro categorías: a) En peligro de extinción (P); b) Amenazadas (A); c) Sujeta a protección especial (Pr), y, d) Probablemente extinta en el medio silvestre (E).

Del listado general de las 149 especies de fauna silvestre identificadas, solo 16 de ellas se encuentran incluidas en la lista de especies en riesgo de la norma oficial mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010 (Tabla IV.42). De estas 16 especies, seis se encuentran clasificadas como especies sujetas a protección especial (Pr), siete como especies amenazadas (A) y tres en peligro de extinción (P).

De las seis especies de anfibios, solo la rana leopardo (*Lithobates berlandieri*) se encuentra clasificada como especie sujeta a protección especial. En el caso de los reptiles, dos de las especies observadas se encuentran en la lista de NOM-059-SEMARNAT-2010, la culebra de agua (*Thamnophis eques*) como especie amenazada y la lagartija escamosa del mezquite (*Sceloporus grammicus*) como sujeta a protección especial.

En el grupo de los mamíferos se identificaron tres especies de la lista general de 17 especies de mamíferos. Los tres mamíferos en categoría el yaguarundi (*Herpailurus yagouaroundi*) se clasifica como especie amenazada, y el tigrillo (*Leopardus wiedii*) y el viejo de monte (*Eira barbara*) cono especies en peligro de extinción.

En el caso de las aves, al ser la clase con mayor diversidad dentro de las especies de fauna silvestre determinada, también existe un mayor número de especies en categoría de riesgo, con 10 de las 16 especies bajo esta categoría. De las 10 especies de aves en la lista de la NOM-059-SEMARNAT-2010, cinco de ellas se clasifican como especies amenazadas, cuatro como especies sujetas a protección especial y una en peligro de extinción.

#### IV.3.3.1.2.2. Especies de fauna silvestre en la lista roja (UICN)

Como se describió en el apartado de la caracterización de la flora silvestre en el SAR, la UICN elaboró la lista roja de especies amenazadas en 1964, en la cual se incluye el estado de conservación de las diversas especies de flora y fauna a nivel mundial. La lista, además, proporciona información sobre el rango, el tamaño de la población, el hábitat y la ecología, el uso y/o comercio, las amenazas y las acciones de conservación que ayudarán a informar las decisiones de conservación necesarias.

La lista roja de la UICN clasifica a las especies en nueve diferentes categorías de acuerdo con su nivel de conservación y condición en el medio ambiente: NE = No evaluada; DD = Datos insuficientes; LC = Preocupación menor; VU = Vulnerable; EN = En peligro; NT = Casi amenazada; CR = En peligro crítico; EW = Extinto en estado silvestre, y, EX = Extinto. Las especies no evaluadas aparecen sin clasificación.

De las 149 especies de fauna silvestre determinadas durante los muestreos y trabajo de campo efectuados en el área del SAR, 140 se encuentran evaluadas y clasificadas en alguna de las categorías definidas en la lista roja. Las especies dominantes son las clasificadas en preocupación menor (LC) con 138 de las 140 especies en categoría; se trata de especies que no cumplen con ningún criterio que defina las categorías de “En Peligro Crítico”, “En Peligro”,

"Vulnerable" o "Casi Amenazada". Las otras dos especies evaluadas se clasifican como no amenazada (NT) y la otra con datos insuficientes (DD).

Las seis especies de anfibios se clasifican como especies de preocupación menor (LC), al igual que las tres especies de reptiles determinadas. De los 17 mamíferos, 12 se clasifican como especies de preocupación menor (LC), una el tigrillo (*L. wiedii*) como especie no amenazada (NT) y el tamazate rojo (*Mazama temama*) como especie con datos insuficientes (DD); las tres especies restantes no cuentan con evaluación. Y, en el caso de las aves, de las 123 especies determinadas 117 se clasifican como especies de preocupación menor (LC); el resto de las no han sido determinadas.

#### IV.3.3.1.2.3. Endemismo de las especies de fauna silvestre

La determinación del endemismo de las especies de fauna silvestre que conforman la lista de especies del SAR arrojó que 28 de ellas cuentan con clasificación. No obstante, 17 de ellas se clasifican como especies no endémicas del país, todas ellas de la clase mammalia. A este grupo le siguen seis especies de aves que se clasifican como especies cuasiendémica (CE) y tres semiendémicas (SE). La codorniz coluda veracruzana (*Dendrortyx barbatus*) es la única especie que se considera endémica (E) y la garza ganadera occidental (*Ardea ibis*) como especie exótica (EX).

### IV.3.3.1.3. Diversidad faunística en el área de influencia de la Unidad Minera Molango

En el área de influencia de la Unidad Minera Molango se determinó la presencia de 68 especies de fauna silvestre, dividida en tres anfibios, un reptil, seis mamíferos y 58 aves (Tabla IV.42).

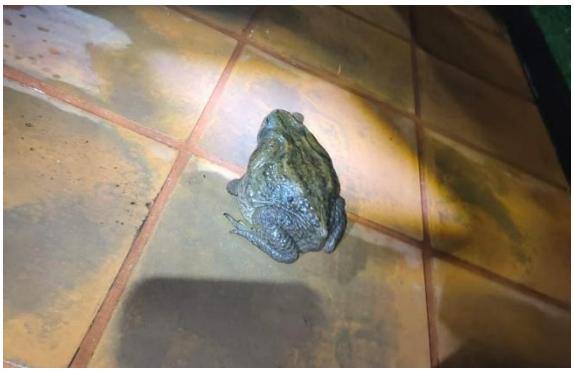
#### IV.3.3.1.3.1. Diversidad de anfibios y reptiles en la región de la Unidad Minera Molango

Se encontró un total de cuatro individuos de anfibios pertenecientes a tres especies diferentes, una rana (*Eleutherodactylus cystignathoides*) y dos sapos (*Rhinella marina* e *Incilius nebulifer*) (Figura IV.73). Los ejemplares de estas especies se encontraron en la vegetación secundaria, en un área donde la humedad y cobertura vegetal eran favorables para estos organismos.

Las tres especies se encuentran en la categoría de preocupación menor de acuerdo con la lista roja de las especies amenazadas de la UICN. Ninguna de las estas se encuentra en la lista de la norma oficial mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010.



Sapo nebuloso (*Incilius nebulifer*)



Sapo de caño (*Rhinella marina*)

***Figura IV.73. Anfibios observados durante los muestreos en el área de influencia de la Unidad Minera Molango.***

La lagartija escamosa panza rosada (*Sceloporus variabilis*) fue el único reptil observado en esta zona. Los individuos se encontraron en un risco, su presencia en esta zona se atribuye a las características as del lugar, ya que la estructura proporciona refugio y una temperatura adecuada para el desarrollo de estos organismos.

#### IV.3.3.1.3.2. Diversidad de mamíferos en el área de influencia de la Unidad Minera Molango

En esta región se determinó la presencia de seis especies de mamíferos, pertenecientes a cuatro órdenes, seis familias y mismo número de géneros. El total de registros fue de 13, siendo el armadillo nueve bandas (*Dasypus novemcinctus*) la especie con mayor número de registros con cinco, seguida de la ardilla (*Sciurus aculatus*) y la zorra gris (*Urocyon cinereoargenteus*) con tres y dos observaciones directas. El resto de las especies solo tuvieron una sola observación o registro.

De las seis especies, solo el tigrillo (*Leopardus wiedii*) se encuentra dentro de las categorías de protección de la NOM-059-SEMARNAT 2010 bajo el estatus de *en peligro de extinción*; además, también se incluye en la categoría de Casi amenazada (NT) de la lista roja de la UICN.

#### IV.3.3.1.3.3. Diversidad avifaunística en el área de influencia de la Unidad Minera Molango

La riqueza específica registrada en el área de influencia de la Unidad Minera Molango fue de 58 especies distribuidas en 11 órdenes, 25 familias y 49 géneros. La familia más representativa fue Tyrannidae, con 8 especies, seguida de Turdidae y Vireonidae, con 4 especies cada una. Otras familias destacadas incluyeron Cardinalidae, Icteridae, Passerellidae, Thraupidae y Picidae, con 3 especies cada una (Tabla IV.42). De las 18 familias restantes, nueve estuvieron representadas por dos especies y las otras nueve solo por una.

Las gráficas de rango-abundancia son herramientas valiosas para interpretar la estructura y composición de una comunidad ya que permiten visualizar la distribución de la abundancia entre las especies que la conforman. En el caso de las especies determinadas en esta región, la pendiente de la curva no presenta un descenso pronunciado, y los cambios en las abundancias entre especies son graduales, lo que sugiere una distribución más equitativa entre especies dentro de la comunidad.

En el área de influencia de esta Unidad Minera, las especies más abundantes registradas fueron *Pheugopedius maculipectus* y *Myiozetetes similis*, seguidas de *Aimophila rufescens, Melanerpes formicivorus* y *Quiscalus mexicanus* (Figura IV.74). Entre estas especies, *Myiozetetes similis* y *Quiscalus mexicanus* destacan por ser especies generalistas con atributos funcionales que les permiten explotar una amplia variedad de ambientes, incluyendo aquellos antropizados y con distintos niveles de perturbación.

Las especies de aves *Vireo griseus* y *Piranga rubra* se encuentran entre las menos abundantes, ambas especies se clasifican como migratorias. Cabe destacar que el muestreo se realizó al inicio de la temporada de migración invernal para muchas aves, lo que explica tanto su presencia en la zona como los bajos niveles de abundancia registrados.

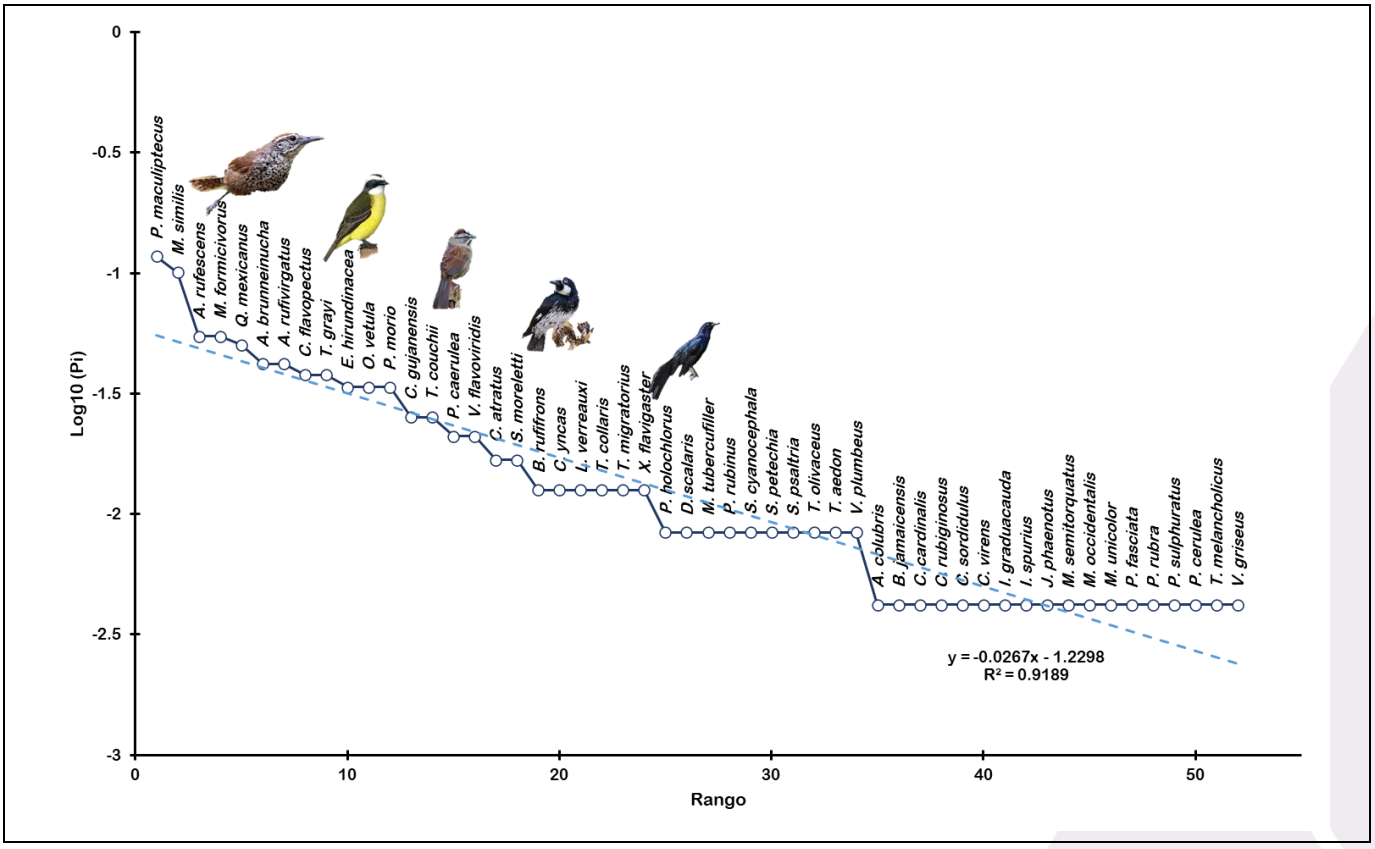



***Figura IV.74. Rango-abundancia para las especies de aves determinadas en el área de influencia de la Unidad Minera Molango.***

De las 58 especies de aves determinadas en la región de Molango, solo siete se encuentran en la lista de especies en categoría de riesgo, tres de ellas clasificadas como amenazadas, mismo número como especies sujetas a protección especial y una en peligro de extinción.

Considerando la clasificación de especies amenazadas de la lista roja de la UICN se encontró que 54 especies se clasifican como especies de preocupación menor (LC). Las otras cuatro especies no cuentan con evaluación.

Entre las especies registradas en la región, se identificaron ocho especies migratorias, así como una especie endémica de la región, *Dendrotyx barbatus*, y cuatro especies cuasiendémicas: *Junco phaeonotus*, *Icterus graduacauda*, *Basileuterus rufifrons* y *Arremonops rufivirgatus*.

### IV.3.3.1.4. Diversidad faunística en el área de influencia de la Unidad Minera Naopa

En el área de influencia de la Unidad Minera Naopa se determinó la presencia de 87 especies de fauna silvestre, dividida en tres anfibios, dos reptiles, 11 mamíferos y 71 aves (Tabla IV.42).

#### IV.3.3.1.4.1. Diversidad de anfibios y reptiles en el área de influencia de la Unidad Minera Naopa

Se encontró un total de 45 individuos de anfibios pertenecientes a tres especies diferentes, 11 ranas leopardo (*Lithobates berlandieri*), 26 ejemplares de sapo nebuloso (*Incilius nebulifer*) y ocho individuos de sapo de pino (*Incilius occidentalis*) (Figura IV.75). Los ejemplares de estas especies se encontraron en la vegetación secundaria, en un área donde la humedad y cobertura vegetal eran favorables para estos organismos. Es importante mencionar que estos resultados no implican que se tenga una abundancia representativa de la especie ya que estos muestreos fueron dirigidos.

De las tres especies de anfibios determinadas en la región, solo la rana leopardo (*L. berlandieri*) se encuentra dentro de la lista de especies en categoría de riesgo de la NOM- 059-SEMARNAT-2010, clasificada como especie sujeta a protección especial. Por otro lado, las tres especies se encuentran en la categoría de preocupación menor en la lista roja de las especies amenazadas de la UICN.



Sapo nebuloso (*Incilius nebulifer*)



Rana leopardo (*Lithobates berlandieri*)

***Figura IV.75. Anfibios observados durante los muestreos en el área de la Unidad Minera Naopa.***

Con respecto al grupo de reptiles, se observaron dos individuos de lagartija escamosa del mezquite (*Sceloporus grammicus*) y una culebra de agua (*Thamnophis eques*).

La lagartija se encuentra clasificada como especie bajo protección especial y la culebra como especies amenazada, de acuerdo con la NOM-059-SEMARNAT-2010. No obstante, las dos especies se clasifican como especies de preocupación menor, según la lista roja de la UICN.

### IV.3.3.1.4.2. Diversidad de mamíferos en el área de influencia de la Unidad Minera Naopa

En esta región se determinó la presencia de 11 especies de mamíferos, pertenecientes a cinco órdenes, ocho familias y 10 géneros. El total de registros fue de 93, siendo la zorra gris (*Urocyon cinereoargenteus*) la especie con mayor número de registros con 32, seguida de la ardilla (*Sciurus aureogaster*) y armadillo de nueve bandas (*Dasypus novemcinctus*) con 17 y 12 observaciones.

Entre las determinaciones con las cámaras trampa destacan tres de tigrillo (*L. wiedii*), un ejemplar de yaguarundi (*Herpailurus yagouaroundi*) y un viejo de monte (*Eira barbara*) (Figura IV.76).

De las 11 especies, el yaguarundi (*H. yagouaroundi*), el tigrillo (*L. wiedii*) y viejo de monte (*E. barbara*) se encuentran en la lista de especies en categoría de riesgo de la NOM-059-SEMARNAT 2010; la primera especie como amenazada y las otras dos en el estatus de en peligro de extinción. Además, el tigrillo también se incluye en la categoría de casi amenazada (NT) de la lista roja de especies amenazadas de la UICN.



Temazate rojo (*Mazama temama*)



Tigrillo (*Leopardus wiedii*)



Yaguarundi (*Herpailurus yagouaroundi*)



Viejo de monte (*Eira barbara*)

***Figura IV.76. Mamíferos observados durante los muestreos en el área de influencia de la Unidad Minera Naopa.***

### IV.3.3.1.4.3. Diversidad avifaunística en el área de influencia de la Unidad Minera Naopa

La riqueza específica registrada en el área de influencia de la Unidad Minera Naopa fue de 71 especies distribuidas en 10 órdenes, 23 familias y 56 géneros. La familia más representativa fue Parulidae, con 10 especies, seguida de Tyrannidae y Vireonidae, con nueve y siete especies, respectivamente. Otras familias destacadas incluyeron Trochilidae, con cinco especies, y Columbidae, Cardinalidae y Troglodytidae con cuatro especies cada una (Tabla

IV.42). De las 15 familias restantes, dos estuvieron representadas por tres especies, cinco con dos y ocho solo con una.

La curva de rango-abundancia correspondiente al área de la Unidad Minera Naopa sugiere una distribución equitativa de las especies dentro de la región (Figura IV.77). Si bien, la curva sugiere la presencia de tres especies dominantes en la comunidad (*Cardellina pusilla*, *Chlorospingus flavopectus* y *Myiozetetes similis*), la pendiente no presenta un descenso pronunciado, y los cambios en las abundancias entre especies son graduales.

Al igual que en el análisis de los resultados del trabajo de campo en la región de la Unidad Minera Molango, la dominancia de especies como *Myiozetetes similis* se asocia a sus hábitos generalistas que le permiten adaptarse a una gran variedad de ambientes. En el caso de *C. pusilla*, se trata de una especie migratoria de invierno que exhibe una notable plasticidad ecológica durante su temporada de migración, ya que visita una amplia variedad de ambientes y tipos de vegetación.

Por otro lado, es importante resaltar que las especies ubicadas en la parte final de la curva de rango-abundancia, correspondientes a las especies más con menor abundancia, suelen estar asociadas a ambientes mejor conservados y presentan una mayor dependencia a hábitats boscosos. Esto se debe a que estas especies generalmente poseen requerimientos ecológicos más específicos y una menor tolerancia a los cambios en el hábitat, lo que limita su distribución y abundancia en paisajes fragmentados o perturbados. Algunos ejemplos particulares son las especies *Aegolius acadicus y Trogon collaris*.

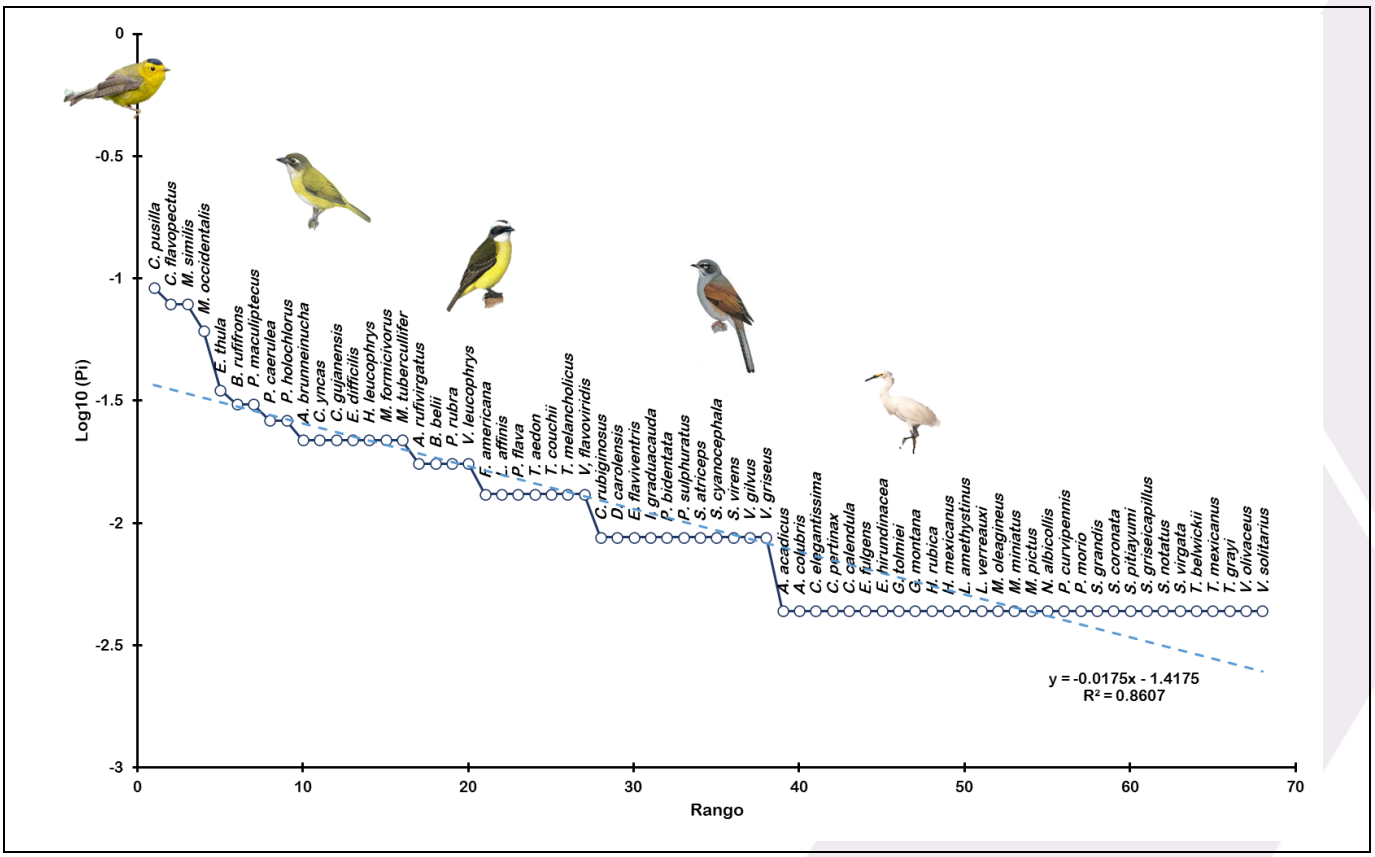



***Figura IV.77. Rango-abundancia para las especies de aves determinadas en el área de influencia de la Unidad Minera Naopa.***

De las 71 especies de aves determinadas en el área de influencia de la Unidad Minera Naopa, solo cinco se encuentran en la lista de especies en categoría de riesgo, tres de ellas clasificadas como amenazadas y dos como especies sujetas a protección especial.

Considerando la clasificación de especies amenazadas de la lista roja de la UICN se encontró que 68 especies se clasifican como especies de preocupación menor (LC). Las otras tres especies no cuentan con evaluación.

Entre las especies registradas, se identificaron cuatro especies cuasiendémicas de México: *Icterus graduacauda*, *Basileuterus rufifrons, Empidonax difficilis* y *Arremonops rufivirgatus*.

#### IV.3.3.1.5. Diversidad faunística en el área de influencia de la Unidad Minera Nonoalco

En el área de influencia de la Unidad Minera Nonoalco se determinó la presencia de 78 especies de fauna silvestre, dividida en dos anfibios, 13 mamíferos y 63 aves (Tabla IV.42). En esta región no se observó ningún reptil.

##### IV.3.3.1.5.1. Diversidad de anfibios en el área de influencia de la Unidad Minera Nonoalco

Se encontró un total de nueve individuos de anfibios pertenecientes a dos especies diferentes, ocho ranas leopardo (*Lithobates berlandieri*) y ejemplar de rana de dedos largos (*Lithobates spectabilis*). Los ejemplares de estas especies se encontraron asociados a cuerpos de agua.

De estas dos especies de anfibios determinadas en la región, solo la rana leopardo (*L. berlandieri*) se encuentra dentro de la lista de especies en categoría de riesgo de la NOM-059-SEMARNAT-2010, clasificada como especie sujeta a protección especial. Por otro lado, las dos especies se encuentran en la categoría de preocupación menor en la lista roja de las especies amenazadas de la UICN.

##### IV.3.3.1.5.2. Diversidad de mamíferos en el área de influencia de la Unidad Minera Nonoalco

En esta región se determinó la presencia de 13 especies de mamíferos, pertenecientes a seis órdenes, 10 familias y 11 géneros, siendo el género Sciurus el único que estuvo representado por tres especies. El total de registros fue de 4. El tlacuache norteño (*Didelphis virginiana*) fue la especie con mayor número de registros con 11, seguida de la ardilla vientre rojo (*Sciurus aureogaster*), con ocho observaciones, y el mapache (*Procyon lotor*) y zorra gris (*Urocyon cinereoargenteus*) con cuatro observaciones cada especie.

Entre las determinaciones con las cámaras trampa destacan un tigrillo (*L. wiedii*) y tres cacomixtles (*Bassariscus astutus*), estos por la dificultad que representa su observación (Figura IV.78).

De las 13 especies, solo el tigrillo (*L. wiedii*) se encuentra dentro de las especies en categorías de riesgo de la NOM-059-SEMARNAT 2010, ésta bajo el estatus de en peligro de extinción; además, también se incluye en la categoría de casi amenazada (NT) de la lista roja de la UICN.




Cacomixtle (*Bassariscus astutus*)




Tigrillo (*Leopardus wiedii*)




Conejo de monte (*Sylvilagus cunicularius*)




Pecarí de collar (*Pecari tajacu*)

***Figura IV.78. Mamíferos observados durante los muestreos en el área de influencia de la Unidad Minera Nonoalco.***

#### IV.3.3.1.5.3. Diversidad avifaunística en el área de influencia de la Unidad Minera Nonoalco

La riqueza específica de aves en el área de influencia de la Unidad Minera Nonoalco fue de 63 especies distribuidas en solo siete órdenes, 20 familias y 46 géneros. El orden Passeriforme fue el de mayor diversidad con 53 especies, 14 familias y 36 géneros.

La familia más representativa fue Parulidae, con 12 especies, seguida de Tyrannidae con 10 especies, Cardinalidae con 8 especies y Vireonidae con 7 especies, todas pertenecientes al orden Passeriforme. Otras familias destacadas incluyeron Columbidae y Troglodytidae, con 3 especies cada una. De las 14 familias restantes, seis estuvieron representadas por dos especies y ocho por solo una.

Entre las especies registradas, se identificaron 24 especies migratorias. Se registró la codorniz coluda veracruzana (*Dendrortyx barbatus*), la cual se considera endémica de la región (Figura IV.79). Además, tres especies determinadas se clasifican como semiendémicas: *Pheucticus melanocephalus, Empidonax wrightii* y *Vireo cassinii*.

Dentro del grupo de aves, y del resto de especies de fauna de la región, solo la garza ganadera (*Ardea ibis*) se clasifica como exótica.



Paloma arroyera (*Leptotila verreauxi*)



Codorniz coluda veracruzana (*Dendrortyx barbatus*)



Rascador gorra castaña (*Arremon brunneinucha*)



Colibrí orejas blancas (*Basilinna leucotis*)

***Figura IV.79. Aves observadas durante los muestreos en el área de influencia de la Unidad Minera Nonoalco.***

La curva de rango-abundancia correspondiente al área de influencia de la Unidad Minera Nonoalco sugiere una distribución equitativa de las especies dentro de la comunidad (Figura IV.80). En este caso la especie más dominante o con mayor abundancia es *Cardellina pusilla*, una especie migratoria de invierno con alta plasticidad ecológica durante su temporada de migración. De igual forma, es importante resaltar que las especies más abundantes, como *Arremon brunneinucha*, *Chlorospingus flavopectus* y *Basileuterus rufifrons,* corresponden a aves insectívoras asociadas al suelo y al sotobosque.

Por otro lado, es importante resaltar las especies ubicadas en la parte final de la curva de rango-abundancia, correspondientes a las especies más raras, son especies que presentan una mayor dependencia a hábitats boscosos. Esto se debe a que estas especies generalmente poseen requerimientos ecológicos más específicos y una menor tolerancia a los cambios en el hábitat, lo que limita su distribución y abundancia en paisajes fragmentados o perturbados.

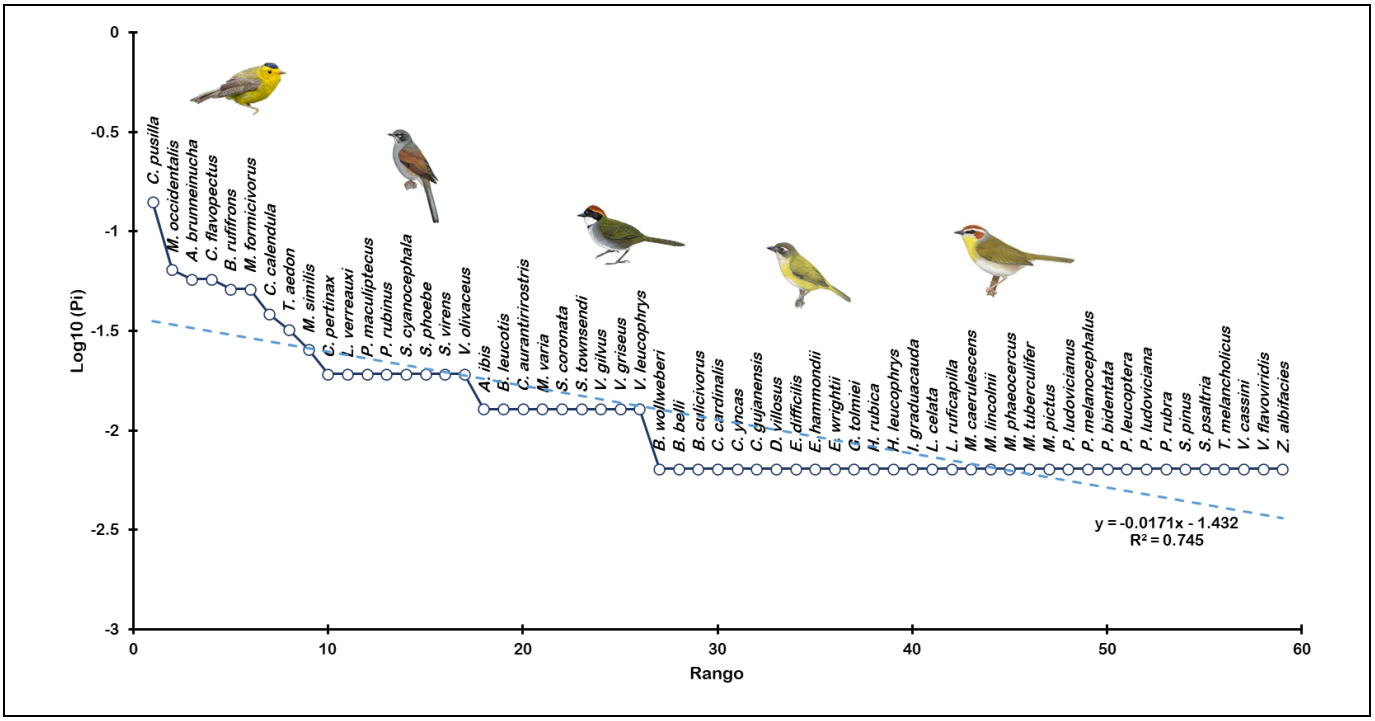



*Figura IV.80. Rango-abundancia para las especies de aves determinadas en el área de influencia de la Unidad Minera Nonoalco.*

### IV.3.3.1.6. Conclusiones del medio biótico

En el caso de la flora muestreada, se identificaron un total de 252 especies, lo que representa aproximadamente el 6% de la diversidad florística presente en el estado de Hidalgo. En cuanto a las familias, se registraron individuos pertenecientes a 94 familias diferentes, entre las cuales destacan Polypodiaceae, Pteridaceae, Fabaceae, Asteraceae y Fagaceae (Tabla IV.41). Estas familias presentes en las zonas muestreadas dentro del SAR constituyen el 39.81% de la diversidad de familias de todo el estado de Hidalgo.

Se reportan familias de relevancia para los ecosistemas de la región, como Fagaceae y Asteraceae, también, destacan en este trabajo los géneros *Salvia* y *Quercus*. Es importante señalar la elevada cantidad de especies y familias de pteridofitas encontradas, lo cual se debe a que los muestreos coincidieron con áreas cercanas a vialidades y en sitios con alta humedad, como riachuelos, ríos y pozas. Además, los muestreos se efectuaron en un bioma como el Bosque Mesófilo de Montaña (BMM) (Luna-Vega et al., 1994; Villaseñor et al., 2022).

De acuerdo con Rzedowski (1996), las especies predominantes en los BMM son Aquifoliaceae, Begoniaceae, Clethraceae, Cornaceae, Cyatheaceae, Gesneriaceae, Lauraceae, Myrsinaceae, Orchidaceae, Piperaceae, Selaginellaceae, Staphyleaceae y Theaceae. En comparación con lo anterior, en este informe se encuentran representantes de ocho de las 12 familias más características de este tipo de vegetación, lo que equivale al 61% de las familias más representativas de este bioma.

Dentro del SAR se identificaron diversos tipos de biomas de acuerdo con los diez tipos de vegetación reconocidos en el país por Rzedowski (2006). En el caso de la región de la Unidad Minera Molango, se identificó el tipo de vegetación denominado BMM y Bosque Tropical Perennifolio (BTP). En la región de la Unidad Minera Naopa se encontraron los tipos de vegetación BMM, Bosque de Quercus (BQ) y Bosque Tropical Perennifolio (BTP). Y,

finalmente, en la región de la Unidad Minera Nonoalco se identificaron los tipos de vegetación BMM, Bosque Tropical Perennifolio (BTP) y Bosque de Quercus (BQ).

Es importante destacar la grave fragmentación y pérdida de los ecosistemas en la zona, resultado de las actividades antropogénicas (ganadería, minería y agricultura). El cambio de uso de suelo para el desarrollo de actividades agropecuarias, construcción de vías de comunicación, instalación de infraestructura de energía y de voz y datos, representa una de las perturbaciones más significativas, ya que afecta directamente la biodiversidad local, reduciendo los flujos genéticos y alterando el equilibrio ecológico. Como consecuencia, diversas especies participan en distintas etapas sucesionales, como es el caso de *Argemone mexicana*, *Ipomoea purga y Liquidambar styraciflua,* especies pioneras que desempeñan un papel clave en la sucesión ecológica secundaria.

Con respecto a la fauna silvestre de las clases de anfibios y reptiles, se encontró un total de seis especies de anfibios y tres especies de reptiles. Ramírez-Bautista *et a*l. (2009) reportan para el estado de Hidalgo un total de 173 especies de herpetofauna, siendo 54 anfibios y 119 reptiles, esto implica que en los muestreos se determinó la presencia del 11.11% de las especies de anfibios y 2.52% de reptiles reportado por estos autores para el estado.

Es importante mencionar que se detectó una baja diversidad de especies de estas clases, lo que pudo estar influenciado por las condiciones climáticas prevaleciente durante la realización de los muestreos. Ramírez Bautista *et. al.* (2009) consideran que los muestreos de estos organismos deben realizarse principalmente en condiciones meteorológicas favorables, lo que implica que se realice en temporada de lluvia o mayor humedad, evitando temperaturas extremas, sobre todo bajas temperaturas o heladas, evitando primavera temprana u otoño. Al realizar los muestreos en los meses de septiembre y octubre, es probable que por esta situación tampoco haya sido mayor el número de especies encontradas.

En el caso del grupo de las aves, se identificaron un total de 123 especies que equivale al 68% de las aves esperadas para el área de estudio y al 27% de las que se encuentran en el estado de Hidalgo (Martínez-Morales, 2007) (Tabla IV.42). Muchas de las aves más abundantes dentro de la zona, como *Myiozetetes similis*, *Quiscalus mexicanus* o *Pheugopedius maculipectus,* corresponden a especies con un alto grado de adaptabilidad y con un rol ecológico más generalista, lo cual les permite ser menos susceptibles a los procesos de antropización. Sin embargo, la mayoría de las aves reportadas dentro de este estudio demuestra una predominancia de especies con baja abundancia y asociadas al Bosque Mesófilo de Montaña, lo cual es importante ya que este cubre aproximadamente el 7% de la superficie del estado de Hidalgo (Velázquez et al., 2002). Por esta razón es importante señalar que las especies que tienden a ser restringidas a bosques primarios, como *Dendrortyx barbatus*, *Zentrygon albifacies*, *Trogon collaris*, *Micrastur sermitorquatus,* pueden sufrir desplazamientos locales a causa del impacto antrópico, la fragmentación del hábitat y la pérdida de la cobertura vegetal (Kattan et al., 1994).

En el caso de la mastofauna registrada, se identificaron 17 especies distribuidas en 12 familias y 15 géneros. Según Mejenes-López *et al.* (2010), en el estado de Hidalgo se reportan 27 familias y 154 especies de mamíferos, lo que implica que estos resultados representan aproximadamente el 11.04% de esta diversidad de especies y el 44.44% de las familias.

Cabe resaltar que entre las especies registradas se encuentran algunas altamente asociadas a espacios con cobertura vegetal conservada, como el viejo de monte (*E. barbara*), tigrillo (*L. wiedii*) y el yaguarundi (*H. yagouaroundi*) (Decœur *et al*., 2023) Estas especies son especialmente vulnerables y requieren protección activa ya que están catalogadas bajo categorías de conservación, tanto nacionales como internacionales. No obstante, su presencia en la región del SAR es un indicativo de que a pesar de los cambios de uso de suelo y las actividades

productivas que se llevan a cabo, aún existen áreas conservadas en las cuales estas especies encuentran las condiciones mínimas indispensables para poder desarrollarse.

Por otro lado, también se registraron mamíferos generalistas, como la zorra gris (*U. cinereoargenteus*) y el tlacuache (*D. virginiana*), los cuales mostraron las abundancias más altas en el número de registros obtenidos en las cámaras trampa. Estas especies suelen habitar bordes y zonas fragmentadas, lo que demuestra su capacidad para adaptarse a paisajes alterados (Crooks, 2002). A pesar de su capacidad adaptativa su presencia puede ser indicativa del grado de fragmentación del paisaje.

## IV.3.4. Diagnóstico ambiental

### IV.3.4.1. Paisaje

El paisaje, como complejo de interrelaciones, es una realidad física experimentable según el anclaje cultural, la personalidad del observador y su capacidad de percepción tiene diferentes formas perceptivas (auditiva, olfativa y visual) Muñoz-Pedreros (2004). Además, este autor también lo considera como un recurso fácilmente depreciable y difícilmente renovable.

En este análisis se entenderá el paisaje como el espacio territorial conformado por unidades ambientales heterogéneas diferenciadas por la interacción que se da entre la geomorfología, clima, vegetación y las modificaciones antrópicas, de acuerdo con los términos definidos por Priego et al. (2010).

Los autores antes referidos parten de la regionalización ecológica del territorio, también denominada como "ecoregionalización", para definir las unidades de paisaje, utilizando como punto base la conformación geomorfológica del territorio. Para ello, se entiende a la unidad de paisaje como la unidad cartografiable que permite representar espacialmente los principales componentes de un ecosistema.

De acuerdo con la definición de paisaje, Priego et al. (2010) refirieron que está conformada por dos grandes componentes, uno físico y el otro bioclimático. El componente físico es muy estable y está descrito por componentes abióticos del ecosistema, principalmente la secuencia del territorio del conjunto de rocas – relieve – suelo. Por otro lado, el componente bioclimático está determinado básicamente por componentes bióticos del ecosistema, siendo más fácil de alterar a través del tiempo por efectos naturales y antrópicos.

El paisaje, al estar definido por un conjunto de componentes abióticos y bióticos del ecosistema, se clasifican de acuerdo con las variables o parámetros que describe sus propiedades o atributos sobresalientes. La complejidad de la unidad de paisaje está determinada por el número de atributos que la describen, la interacción que hay entre ellos y la relevancia que tiene cada uno de ellos para definir la unidad paisajística.

Mateo citado por Priego et al. (2010), determinó dos principios básicos para en la clasificación del paisaje, uno relacionado con su proceso evolutivo y el otro con su conformación estructural, a los cuales describe como:

- *Principio histórico-evolutivo: Los componentes de los paisajes (o geocomponentes) coevolucionan en el espacio y el tiempo. Esto significa que lo que observamos hoy en el paisaje es el resultado de años de evolución conjunta entre todos los componentes del mismo. Ningún componente evoluciona aislado del resto…*

- *Principio estructural-genético: Todas las entidades geográficas poseen una determinada estructura y todas son consecuencia de un proceso genético. El principio estructural implica reconocer las relaciones entre los distintos componentes de la estructura vertical del paisaje, es decir, entre roca, relieve, condiciones hidro-climáticas, suelos y biota. El principio genético implica reconocer las causas y las condiciones de la forma del paisaje…*

La diferenciación estructural del paisaje parte de la conformación geomorfológica del territorio, la cual está determina por el cambio de su relieve superior, el cual se considera el principal componente en la diferenciación preliminar y a grandes rasgos del paisaje de la superficie terrestre (Priego et al., 2010).

En este proceso de determinación de las unidades de paisaje, el empleo de sistemas de información geográfica ha venido a cobrar una gran relevancia sirviendo de apoyo en la definición. La sobreposición de capas que representan la conformación de componentes ambientales específicos ofrece la percepción de volumen y da como resultado la definición de unidades con límites naturales claramente determinados por los componentes definitorios.

Tomando la clasificación del relieve presentada por Priego-Santander et al., citado por Priego et al. (2010), las unidades de paisaje se pueden diferencia en cinco categorías: montañas, lomeríos, rampas de piedemonte, valles y planicies, estas últimas diferenciadas en acolinadas, onduladas y subhorizontales, así como en altiplanicies y peneplanicies.

Para la definición y descripción de las unidades de paisaje, la metodología propuesta por Priego et al. (2010) tipifica el relieve utilizando índices morfométricos, lo que permite describir cuantitativamente la unidad de terreno. En este caso, se utiliza la amplitud e inclinación de la pendiente para determinar el índice.

Los mapas de curvas de nivel de las cartas topográficas son un elemento esencial para la elaboración de los mapas de disección vertical del terreno y, derivado de su clasificación cualitativa determina, la clasificación de las cinco categorías del relieve (Tabla IV.43).

***Tabla IV.43. Definición morfométrica de tipos de relieve para diferentes escalas en la definición de unidades de paisaje[§].***

| Categoría de relieve | Categoría por niveles de disección vertical (Dv) | Clasificación morfométrica simple + descomposición por niveles de Dv |
|---|---|---|
| Planicies subhorizontales (Dv ≤ 2.5) | Sin descomposición en grados de Dv | Planicies subhorizontales (Dv ≤ 2.5) |
| Planicies onduladas (2.6< Dv <15) | - Ligeramente diseccionadas (2.6 < Dv < 5) | Planicies onduladas, ligeramente diseccionadas (2.6 < Dv < 5) |
| | - Medianamente diseccionadas (6 < Dv < 10) | Planicies onduladas, medianamente diseccionadas (6 < Dv < 10) |
| | - Fuertemente diseccionada (11 < Dv < 15) | Planicies onduladas, fuertemente diseccionadas (11 < Dv < 15) |
| Planicies acolinadas (16 < Dv < 40) | - Ligeramente diseccionadas (16 < Dv < 20) | Planicies acolinadas, ligeramente diseccionadas (16 < Dv <20) |
| | - Medianamente diseccionadas (21 < Dv < 30) | Planicies acolinadas, medianamente diseccionadas (21 < Dv < 30) |

| Categoría de relieve | Categoría por niveles de disección vertical (Dv) | Clasificación morfométrica simple + descomposición por niveles de Dv |
|---|---|---|
| | - Fuertemente diseccionada (31 < Dv < 40) | Planicies acolinadas, fuertemente diseccionadas (31 < Dv < 40) |
| Lomerío (41 < Dv < 100) | - Ligeramente diseccionadas (41 < Dv < 60) | Lomerío, ligeramente diseccionados (41 < Dv < 60) |
| | - Medianamente diseccionadas (61 < Dv < 80) | Lomerío, medianamente diseccionado (61 < Dv < 80) |
| | - Fuertemente diseccionada (81 < Dv < 100) | Lomerío, fuertemente diseccionado (81 < Dv < 100) |
| Montañas (Dv ≥ 101) | - Ligeramente diseccionadas (101 < Dv < 250) | Montañas, ligeramente diseccionadas (101 < Dv < 250) |
| | - Medianamente diseccionadas (251 < Dv < 500) | Montañas, medianamente diseccionadas (251 < Dv < 500) |
| | - Fuertemente diseccionada (Dv ≥ 15) | Montañas, fuertemente diseccionadas (Dv ≥ 501) |

§ Fuente: Priego et al. (2010).

Las planicies subhorizontales poseen la misma clasificación en todas las escalas porque no se descomponen en niveles inferiores de amplitud de relieve. La denominación de subhorizontal aplica para áreas denominadas como planas, de muy baja amplitud y con una pendiente que será normalmente menor de 2º.

Una vez realizada la primera clasificación de las unidades de paisaje con base a la geomorfología, Priego et al. (2010) proponen realizar una descripción de la litología de la región, una descripción del régimen climático y del uso del suelo o cobertura vegetal presente.

La litología es básica para entender la génesis y evolución del paisaje, así como para comprender las particularidades de la cubierta de suelos. La primera acción en la sobreposición de la carta de relieve o disección vertical con la carta geológica requiere de la eliminación de los polígonos que no cumplen con el área mínima cartografiable. Este paso es conocido como generalización espacial.

Una vez hecha la generalización espacial se realiza la generalización conceptual. Ésta implica la fusión de polígonos que con tipos de relieve análogos o litologías cercanas, o ambas condiciones. Esta puede realizarse entre una misma clase de relieve, pero no pueden fusionarse polígonos de diferente clase de relieve. Es decir, se pueden generalizar en una misma unidad planicies onduladas medianamente diseccionadas y planicies onduladas fuertemente diseccionadas, así entre las otras clases de relieve.

El clima es un componente ambiental muy determinante en los procesos internos del suelo, como la degradación de la materia orgánica, y en la cobertura vegetal, tanto natural como inducida. Estos factores son definitorios en la conformación de las unidades de paisaje, especialmente la cobertura vegetal que impacta el aspecto visual de la unidad paisajística.

El clima tiene una distribución continua determinada por el comportamiento de la temperatura y precipitación a través del año. Además, se trata de un componente ambiental muy estable, con poca variación de los factores climáticos entre años, por lo que, su caracterización tiene un clara definición y comprobación.

El INEGI elaboró la cartografía de la clasificación y distribución climática en todo el país, por lo que, se trata de un componente fácil de integrar en la definición y descripción de las unidades de paisaje. Además, Priego et al. (2010) presentaron la relación entre la definición morfométrica que determina el relieve y la clasificación climática para la toma de decisiones que describen la relación de estos dos componentes ambientales (Tabla IV.44).

*Tabla IV.44. Toma de decisiones para la clasificación climática de unidades morfolitológicas[§].*

| Tipo de clima | Unidad morfolitológica[§§] | | |
|---|---|---|---|
| | **Planicies acolinadas ligera a medianamente diseccionadas (16 < Dv < 30), formadas por gabro y granodiorita** | **Lomeríos ligera a medianamente diseccionados (61 < Dv 80), formados por calizas y lutitas** | **Montañas ligeras a medianamente diseccionadas (101 < Dv < 500), formadas por basaltos y andesitas basálticas** |
| Cálido subhúmedo | • | | |
| Cálido húmedo | • | | |
| Templado semicálido subhúmedo | X | | |
| Templado subhúmedo | • | X | |
| Templado húmedo | • | X | • |
| Templado semifrío subhúmedo | | • | • |
| Templado semifrío húmedo | | • | X |
| Frío de montaña | | | X |
| Clasificación climática de las unidades morfolitológicas | Planicies acolinadas ligera a medianamente diseccionadas (16< Dv 30), constituidas por gabro y granodiorita en clima semicálido a templado subhúmedo | Lomeríos ligera a medianamente diseccionados (61 < Dv < 80), constituidos por calizas y lutitas en clima húmedo a semifrío subhúmedo | Montañas de ligera a medianamente diseccionadas (101 < Dv < 500), constituidas por basaltos y andesitas basálticas en clima semifrío húmedo a frío de montaña |

[§] Fuente: Priego et al. (2010).

[§§] Descripción de las unidades morfolitológicas: X = Tipos de climas que cumplen con el área mínima cartografiable, y • = Tipos de climas presentes en la unidad pero que no cumplen con el área mínima cartografiable.

Una vez realizada la sobreposición de las cartas de relieve, litología, clima y de usos de suelo y vegetación se procede con la identificación y descripción de las unidades de paisaje. La descripción de la unidad incluye el resultado de la clasificación morfométrica, descripción de la litología, referencia del tipo climático y las condiciones de la cobertura vegetal.

Del análisis realizado al SAR del proyecto, se encontraron seis unidades de paisaje definidas por su conformación geomorfológica (Figura IV.81 y IV.82). Las unidades paisajísticas identificadas son: a) Planicie ondulada medianamente diseccionada; b) Lomerío ligeramente diseccionado; c) Lomerío medianamente diseccionado; d)

Montañas ligeramente diseccionadas; e) Montañas medianamente diseccionadas, y, f) Montañas fuertemente diseccionadas.

La unidad de paisaje identificada como Llanura, definida por un relieve ligeramente planas, con pendientes poco pronunciadas, con ligeros cambios altitudinales, es la unidad de paisaje menos con sus 648.19 ha, el 1.66% del área del SAR. En esta unidad de paisaje es donde se practica mayormente la agricultura de temporal.

Las unidades de paisaje dominantes son las “Montañas ligeramente diseccionadas” y “Montañas medianamente diseccionadas”, cubriendo el 54.34% y 22.99% de SAR, respectivamente. En este caso, también se encontró la unidad de paisaje “Montañas fuertemente diseccionadas”, tratándose de la unidad paisajística con el cambio de relieve más pronunciado.

Las unidades de paisaje “Montañas fuertemente diseccionadas” y “Montañas medianamente diseccionadas”, en el norte y sureste del SAR, están fuertemente asociadas a las unidades litológicas “Caliza-Lutita”, de roca sedimentaria, de las formaciones “Tamaulipas indiferenciada” (KbeceCz-Lu) y formación “Pimienta” (Jkt(cz-Lu).

La unidad de paisaje dominante “Montañas ligeramente diseccionadas” no tienen una clara relación con su origen geomorfológico, ya que se encuentra en formaciones con dominancia de rocas sedimentarias, extrusivas y metamórficas.

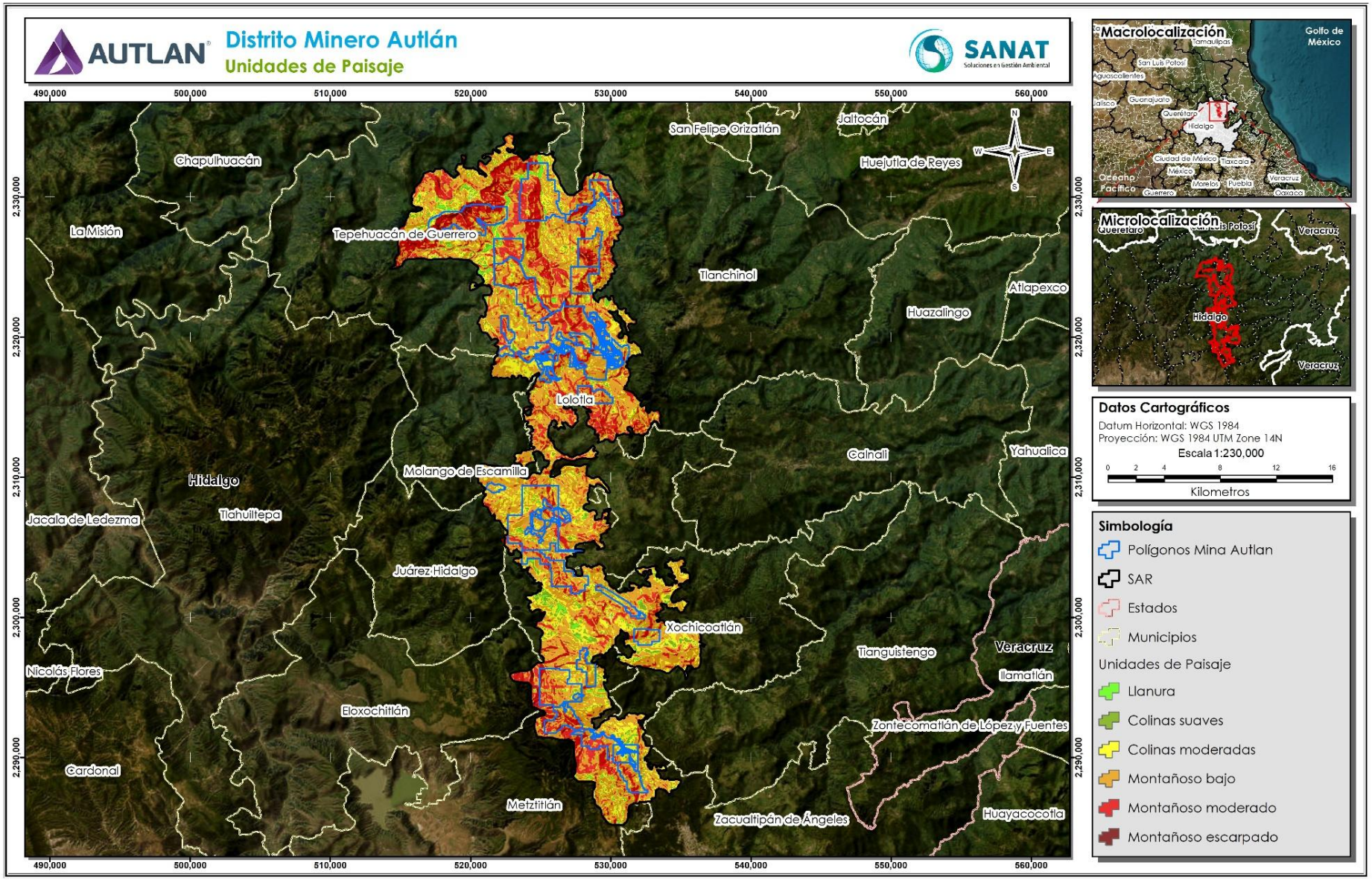



*Figura IV.81. Definición y distribución de las unidades de paisajes en el polígono del SAR definido para el desarrollo del proyecto.*



*Figura IV.82. Visualización de las unidades de paisaje definidas para el polígono del SAR del proyecto. Arriba las unidades de paisaje "Montañas fuertemente diseccionadas" y "Montañas medianamente diseccionadas". Abajo, "Lomeríos ligeramente diseccionados" y "Planicie ondulada medianamente diseccionada".*

### IV.3.4.2. Fragilidad ambiental

Como quedó descrito al inicio del presente capítulo, el SAR quedó conformado por 37,951.63 ha, cubriendo superficie parcial de ocho municipios del estado de Hidalgo.

El SAR del proyecto se ubica en un área morfológica descrita principalmente por tres unidades morfométricas y relieves: a) energía de relieve 100.1 a 200.0 m $km^{2-1}$ "Muy alomado, muy fuertemente diseccionado"; b) energía de relieve de 200.1 a 300 "Montañoso, en ocasiones alomado, ligeramente diseccionado", y, C) energía de relieve de 300.1 a 400 "Montañoso, moderadamente diseccionado". Y, con presencia menor de otras dos unidades en las que se tiene una energía de relieve de contorno morfográfico de 50.1 a 100 "Muy colinoso y alomado, fuertemente diseccionado" y de 400.1 a 500.0 "Montañoso, fuertemente diseccionado".

A nivel del SAR se reporta la presencia de cuatro grupos primarios de suelos dominantes: Leptosol, Luvisol, Feozems y Umbrisol, los cuales se asociación y componen suelos secundarios entre ellos mismos; además, existen dos áreas

que no logran clasificación edafológica por no aplicar como son el cuerpo de agua y las zonas urbanas (Tabla IV.25; Figura IV.45).

Los grupos de suelo dominantes en la región, ya sea que se encuentren solo o con suelos secundarios, son los Leptosoles y Luvisoles, los cuales comprenden el 70.28 y 21.04% de las 38,998.68 ha del SAR, en el orden antes citado. Y, los grupos de suelos con menor ocupación dentro del SAR son el Feozems y Umbrisol léptico con el 7.68 y 0.84%, respectivamente.

Del análisis realizado a la Carta de Uso de Suelo y Vegetación del INEGI, escala 1:250,000, serie VII (ver página: http://www.conabio.gob.mx/informacion/gis/), resultó que en el SAR existen 18 usos de suelo y vegetación, estos son: Agricultura de temporal anua, agricultura de temporal anual y permanente, agricultura de temporal permanente, asentamientos humanos, cuerpos de agua, sin vegetación aparente, bosque de encino, bosque de encino-pino, bosque de pino-encino, bosque mesófilo de montaña, pastizal cultivado, pastizal inducido, vegetación secundaria arbórea de bosque mesófilo de montaña, vegetación secundaria arbórea de selva alta perennifolia, vegetación secundaria arbustiva de bosque de encino, vegetación secundaria arbustiva de bosque mesófilo de montaña, vegetación secundaria arbustiva de selva alta perennifolia y vegetación secundaria herbácea de selva alta perennifolia (Tabla IV.40).

El uso de suelo de agricultura (agroecosistemas, en general), en sus cuatro clasificaciones de acuerdo con la disponibilidad y uso de agua y la longevidad de cultivo, comprende el 41.40%, este incluye al pastizal cultivado. En total, el área que ya no cuenta con cobertura de vegetación forestal en el polígono involucra el 42.21% de las 38,998.68 ha del SAR, aquí se incluye, además, la superficie clasificada como área desprovista de vegetación 0.06%, los cuerpos de agua 0.06%, los asentamientos humanos 0.50%, así como las mencionadas anteriormente. Mientras que, el área con cobertura vegetal forestal es el 57.79% del total del polígono, 27.74% de vegetación primaria y el 30.05% de vegetación secundaria.

Por otro lado, es importante tomar en cuenta que el SAR definido para el proyecto presenta problemas de degradación del suelo en un 32.16% de su superficie terrestre. De los cuatro tipos de degradación del suelo, solo se tiene la degradación física por compactación en grado ligero, ocasionada por el sobrepastoreo. El área con este tipo de degradación física del suelo se concentra principalmente en la parte central del polígono, en el área de influencia de la Unidad Minera Naopa, además de una pequeña superficie al sureste del SAR

Ahora, considerando la descripción del estado actual que guardan los componentes ambientales descritos a lo largo de este documento, y con la finalidad de concluir el diagnóstico del territorio para que constituya la base para la construcción de las políticas ambientales, se elaboró el mapa de análisis de fragilidad ambiental del SAR. Con este análisis se define y valora la capacidad que tiene el medio ambiente para enfrentar fenómenos que pudieran impactar ambientalmente el sistema.

La identificación de la fragilidad ambiental del territorio tiene los siguientes objetivos:

- Identificar diferentes niveles de fragilidad, con base en las características de los componentes ambientales del ecosistema, incluyendo los factores climáticos, la geomorfología, vegetación y el suelo, considerando los tipos y grados de erodabilidad y erosividad.
- Relacionar la fragilidad con la condición global de deterioro de los recursos naturales, así como determinar si el deterioro obedece a una condición de alta fragilidad.
- Relacionar la fragilidad con la presión productiva de las actividades humanas sobre el medio.

- Emplear la fragilidad como un elemento que ayude a los tomadores de decisión a definir las políticas de desarrollo y ambientales de una región determinada.

Para la construcción del mapa de fragilidad se ha considerado la información cartográfica digital de los tres componentes naturales que más ayudan a definir la fragilidad ambiental, siendo estos el relieve, la cobertura vegetal y uso de suelo y el suelo mismo (Figura IV.83). Éstos se evalúan por separado y posteriormente se integran en un producto final.

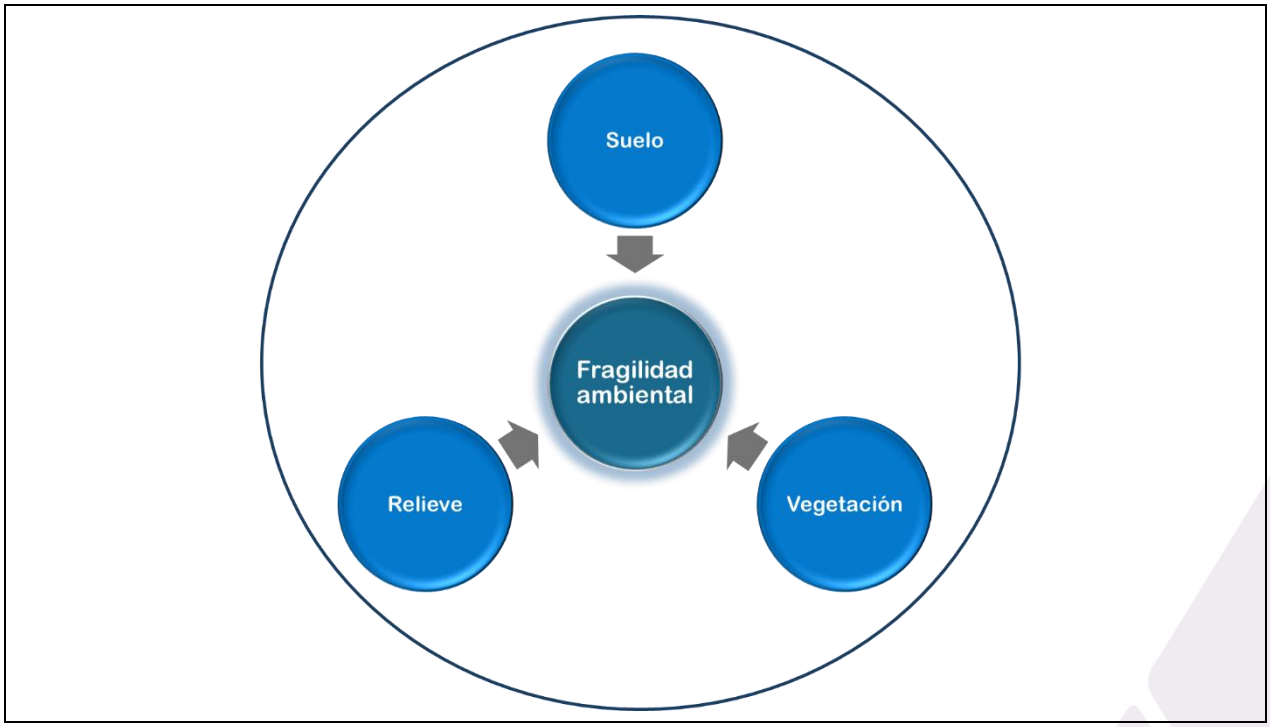



*Figura IV.83. Diagrama general de los componentes ambientales involucrados en el análisis y evaluación de la fragilidad ambiental.*

A) Relieve

Se evalúa en función de la estabilidad-inestabilidad del tipo de relieve, apoyado con la pendiente del terreno y algunos parámetros climáticos asociados con el humedecimiento. Se toma como base el mapa de tipología de los sistemas naturales, el mapa de pendientes obtenido por el modelo digital de elevación (MDE), diseñado por el INEGI. La información se complementa con parámetros de pendiente en sitios con relieve específico (Tabla IV.45).

*Tabla IV.45. Niveles de fragilidad y parámetros de la pendiente.*

| Concepto | Nivel de fragilidad | | | |
|---|---|---|---|---|
| Fragilidad | Muy alta | Alta | Media | Baja |
| Valor | 1 | 0.75 | 0.50 | 0.25 |
| Pendiente | > 25° | 16° - 25° | 7° - 15° | <6° |

B) Suelo

Se evalúa en función del nivel de erodabilidad, erosividad y la posibilidad de cambio de las propiedades físicas y químicas del suelo. La información se basa en las características intrínsecas de los suelos, definidas a partir de su clasificación taxonómica y sus niveles de erodabilidad (Tabla IV.46).

*Tabla IV.46. Niveles de fragilidad y parámetros de coberturas por tipo de suelo.*

| Concepto | Nivel de fragilidad | | | |
|---|---|---|---|---|
| Fragilidad | Muy alta | Alta | Media | Baja |
| Valor | 1 | 0.75 | 0.50 | 0.25 |
| Tipo de suelo | • Fluvisol eutrico<br>• Gleysol eutrico<br>• Gleysol mólico<br>• Andosol úmbrico<br>• Andosol mólico<br>• Andosol háplico<br>• Leptosol lítico<br>• Solonchak gléyico<br>• Arenosol háplico | • Luvisol crómico<br>• Luvisol férrico<br>• Acrisol háplico<br>• Regosol eútrico<br>• Regosol calcárico<br>• Alisol férrico<br>• Leptosol réndzico<br>• Calcisol lúvico<br>• Solonchak háplico<br>• Cambisol crómico<br>• Cambisol ferrálico<br>• Arenosol calcárico | • Nitisol háplico<br>• Vertisol eutrico<br>• Calcisol háplico<br>• Calcisol pétrico<br>• Cambisol vértico<br>• Cambisol eútrico | • Planosol eútrico<br>• Feozem háplico<br>• Kastañozem lúvico<br>• Kastañozem cálcico |

C) Vegetación

Se manejan los requerimientos de hábitat y la capacidad de autorregeneración a partir de las categorías de vegetación establecida por el INEGI. Se complementa con criterios de pendiente y de resistencia a los incendios forestales, de acuerdo con la información proporcionada por la CONABIO. Para el presente análisis se omitió este factor dado que en las áreas agrícolas y pecuarias se ha sustituido completamente la cobertura original y creado nuevas condiciones muy específicas y su fragilidad está dada por las prácticas de manejo implementadas para prevenir o mitigar los impactos a los componentes suelo y agua, principalmente (Tabla IV.47).

*Tabla IV.47. Niveles de fragilidad y parámetros por tipo de vegetación.*

| Concepto | Nivel de fragilidad | | | |
|---|---|---|---|---|
| Fragilidad | Muy alta | Alta | Media | Baja |
| Valor | 1 | 0.75 | 0.50 | 0.25 |
| Tipo de vegetación | •Bosque de oyamel<br>•Bosque de cedro Matorral de coníferas<br>•Bosque mesófilo de montaña Selva alta perennifolia<br>•Selva alta subperennifolia<br>•Selva mediana perennifolia<br>•Selva mediana subperennifolia<br>•Selva baja perennifolia<br>•Selva baja subperennifolia<br>•Selva baja espinosa<br>•Matorral sarco-crasicaule de neblina<br>•Matorral rosetófilo-costero<br>•Manglar<br>•Vegetación acuática<br>•Bosque de galería<br>•Vegetación de galería | •Bosque de pino<br>•Bosque de pino – encino<br>•Bosque de encino<br>•Bosque de encino – pino<br>•Selva mediana subcaducifolia<br>•Selva mediana caducifolia<br>•Selva baja subcaducifolia<br>•Selva baja caducifolia<br>•Matorral subtropical<br>•Matorral submontano<br>•Matorral crasicaule<br>•Matorral sarcocaule<br>•Matorral sarco-crasicaule<br>•Matorral desértico rosetófilo<br>•Matorral desértico micrófilo<br>•Chaparral | •Bosque de táscate<br>•Bosque bajo abierto<br>•Pastizal natural (semidesértico)<br>•Matorral espinoso tamaulipeco<br>•Mezquital<br>•Vegetación de desiertos arenosos<br>•Vegetación de dunas costeras<br>•Pradera de alta montaña Salinas<br>•Vegetación halófila<br>•Vegetación gypsófila<br>•Pastizal halófilo<br>•Pastizal gypsófilo | •Sabana<br>•Pastizal-huizachal<br>•Áreas sin vegetación aparente<br>•Palmar |

El proceso para determinar la fragilidad de cada una de las unidades ambientales consistió en la elaboración de un promedio de la suma de las variables antes mencionadas por unidad ambiental. De tal forma que el resultado de cada sumatoria resultó en una agrupación de píxeles con valor de 0 a 1. Para la interpretación de los resultados se estableció una escala con cinco rangos de valores para diferenciar las unidades ambientales de fragilidad en el SAR, siendo la técnica de **Natural Breaks** la empleada para determinar los rangos para cada nivel de fragilidad como se muestra en la (Tabla IV.48).

*Tabla IV.48. Rangos de valores, e identificación por colores, para evaluar la fragilidad.*

| Fragilidad ambiental | Rango numérico | Diferenciación por color |
|---|---|---|
| Nula | 0.00 – 0.08 | |
| Muy baja | 0.08 – 0.41 | |
| Baja | 0.41 - 0.58 | |
| Media | 0.58 - 0.67 | |
| Alta | 0.67 - 0.75 | |
| Muy alta | 0.75- 1.00 | |

D) Model builder “Fragilidad ambiental”

Para facilitar el trabajo de la metodología, se generó la herramienta que calcule la erosión hídrica, con Model Builder de ArcMap 10.3, los cálculos fueron estructurados en un diagrama de flujo (Figura IV.84) basados en la metodología antes mencionada para generar el mapa de fragilidad natural.

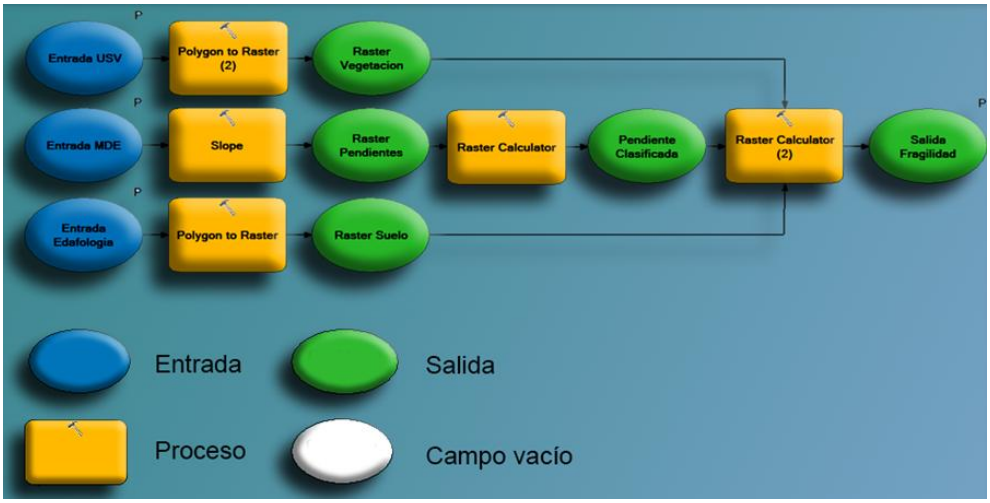



*Figura IV.84. Diagrama de flujo utilizado en Model Builder para la obtención de fragilidad natural.*

Con base en el análisis digital realizado se pudo diferenciar la fragilidad ambiental dentro del polígono del SAR, resultado que es la combinación de la condición actual de los componentes ambientales dentro del sistema ambiental. Dada la heterogeneidad de los componentes ambientales en el sistema considerados para este análisis, relieve, tipo de suelo y en el uso del suelo, la fragilidad ambiental fue el resultado de una combinación factorial entre estos.

Del análisis realizado se puede observar en la Figura IV.85 que el SAR se caracteriza por tener una fragilidad ambiental claramente dominada por el uso del suelo y la cobertura vegetal, influenciada por el relieve o geomorfología regional. En la definición de fragilidad ambiental regional, no se identificó que el tipo de suelo tuviera una influencia determinante. Las áreas con mayor fragilidad ambiental resultaron ser aquellas que se encuentran en áreas con alta pendiente.

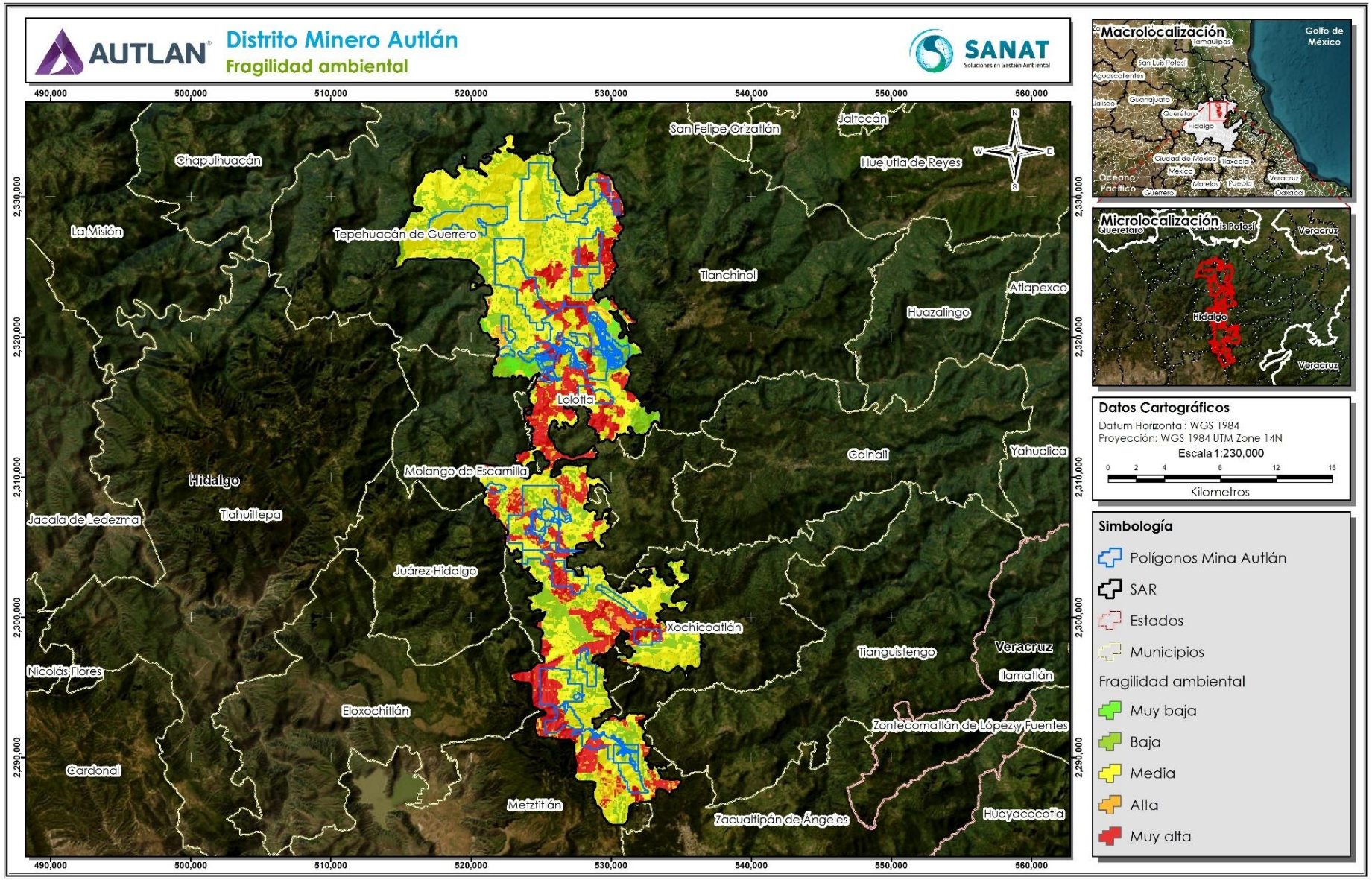



*Figura IV.85. Fragilidad ambiental determinada en el polígono del SAR definido para el desarrollo del proyecto.*

De las 38,998.68 ha que conforman el SAR del proyecto, el 1.17% resultó con una fragilidad ambiental "muy baja" (escala 0.08 a 0.41), siendo la que tiene menor presencia en el SAR, sin considerar la fragilidad nula ya que no encontró ninguna área bajo esta clasificación (Tabla IV.49). La fragilidad media, rango 0.58 – 0.67) fue la dominante, presente en el 52.14% del polígono. A esta le siguieron las fragilidades muy alta y baja, presente en el 21.44 y 20.65% del SAR.

*Tabla IV.49. Clasificación de la fragilidad ambiental en el polígono del SAR definido para el proyecto de acuerdo con los rangos de clasificación.*

| Fragilidad ambiental | Rango numérico | Superficie (ha) | Proporción (%) |
|---|---|---|---|
| Nula | 0.00 – 0.08 | 0.00 | 0.00 |
| Muy baja | 0.08 – 0.41 | 454.66 | 1.17 |
| Baja | 0.41 - 0.58 | 8,055.17 | 20.65 |
| Media | 0.58 - 0.67 | 20,333.00 | 52.14 |
| Alta | 0.67 - 0.75 | 1,792.73 | 4.60 |
| Muy alta | 0.75 - 1.00 | 8,363.11 | 21.44 |
| **Total** | | **38,998.68** | **100.00** |

Del análisis cartográfico realizado, se encontró que existe una fuerte asociación entre la fragilidad ambiental y los usos de suelo y tipos de vegetación. Las áreas con fragilidad muy baja, baja y media se encuentran en áreas con uso de suelo agropecuario y, en algunos casos, con vegetación secundaria. Por otro lado, las áreas con mayor fragilidad corresponden a aquellas que tienen una cobertura vegetal primaria, principalmente con bosque mesófilo de montaña.

## IV.3.5. Aspectos sociales

### IV.3.5.1. Descripción territorial

Como ya se ha venido mencionando, el sitio del proyecto y SAR definido para su desarrollo se ubica en el estado de Hidalgo. Este se ubica en la región centro – este del país, colindando con los estados de San Luis Potosí, al norte, hacia el este con los estados de Veracruz y Puebla, al sur con los estados de Tlaxcala y Estado de México, y al oeste con el estado de Querétaro (Figura IV.86). Con sus 20,987 km$^2$ es el séptimo estado más pequeño del país, representando el 1.07% de la superficie nacional, solo por delante de la de Ciudad de México, la de menor superficie, Tlaxcala, Morelos, Colima, Aguascalientes y Querétaro.

El estado está constituido por 84 municipios, siendo los municipios de Zimapán, Metztitlán y Huichapan los de mayor superficie estatal, representando el 4.10, 3.88 y 3.18% de la superficie del estado, respectivamente. Mientras que, por lo contario, los municipios del estado con menor superficie son Atotonilco de Tula, Tlahuelilpan y Emiliano Zapata con el 0.15, 0.15 y 0.17%, en el orden antes citado.

Los municipios inmersos en el SAR son Eloxochitlán, Juárez Hidalgo, Lolotla, Metztitlán, Molango de Escamilla, Tepehuacán de Guerrero, Tlanchinol, Xochicoatlán y Zacualtipán de Ángeles, ubicados al norte del estado; tres de ellos colindando con el estado de San Luis Potosí.

Como ya fue mencionado al inicio de este capítulo, el caso del municipio de Juárez de Hidalgo, el polígono del SAR solamente se sobrepone en 2.63 ha de las 38,998.68 ha totales, lo que representa ser el 0.007% del área total del SAR. Ante la poca representatividad de este municipio dentro de la poligonal de SAR, no afectar asentamientos humanos o rancherías y el nulo impacto del proyecto en este municipio, se decidió excluir la información de este municipio del análisis socioeconómico. Este análisis se enfocó en los otros ocho municipios donde la ejecución del proyecto tiene influencia directa e indirecta, además de que suman el 99.99% de la superficie del SAR.

La suma de la superficie de los ocho municipios representa el 12.80% de la superficie estatal, siendo Metztitlán el de mayor superficie con 814.7 km$^2$, seguido de Tepehuacán de Guerrero (426.6 km$^2$), Tlanchinol (380.3 km$^2$), Molango de Escamilla (246.7 km$^2$), Zacualtipán de Ángeles (241.6 km$^2$), Lolotla (215.9 km$^2$), Eloxochitlán (200.4 km$^2$) y Xochicoatlán con 159.3 km$^2$.

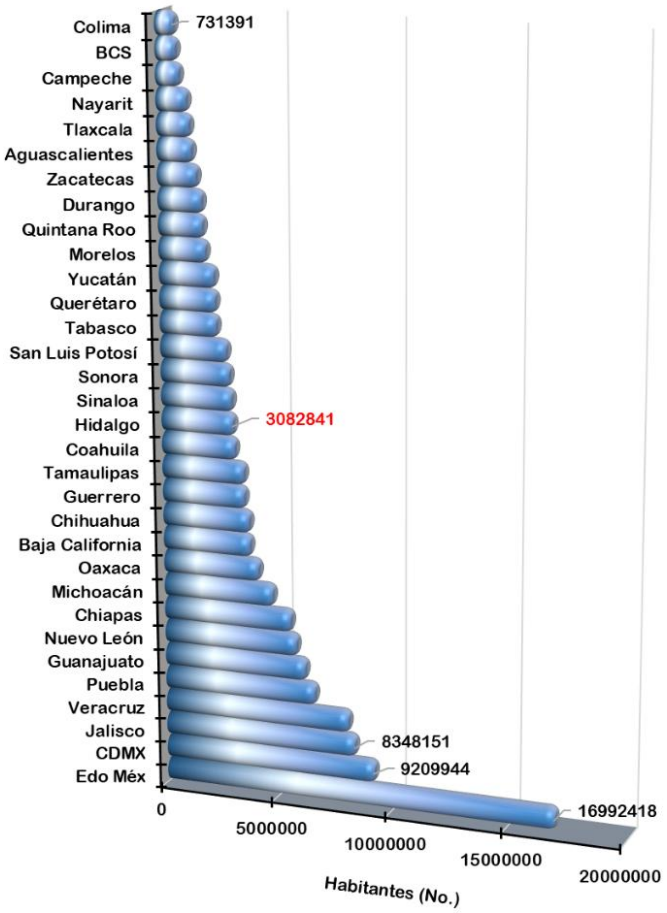



Fuente: https://descargarmapas.net/mexico/hidalgo/mapa-estado-hidalgo-municipios

***Figura IV.86. Colindancias del estado de Hidalgo y su división municipal.***

### IV.3.5.2. Población

De acuerdo con el último censo de población y vivienda presentado por el INEGI a nivel nacional en el 2020 (ver: https://www.inegi.org.mx/programas/ccpv/2020/), el estado de Hidalgo se encuentra en la parte central en el listado de población a nivel estatal con respecto a la nacional, ocupando el lugar 16 de los estados con mayor población a nivel nacional con sus 3’082,841 habitantes (Figura IV.87). De los 126’014,024 habitantes a nivel nacional que resultaron del censo antes mencionado, en el Estado habitaban el 2.45% de la población total; mientras que, los estados de Baja California Sur y Colima fueron los que tuvieron menor número de habitantes, representado el 0.58 y 0.63% del total nacional, en el orden antes citado, y el Estado y la Ciudad de México los que resultaron por mucho con la mayor población nacional, con el 13.48% y 7.31%, respectivamente.

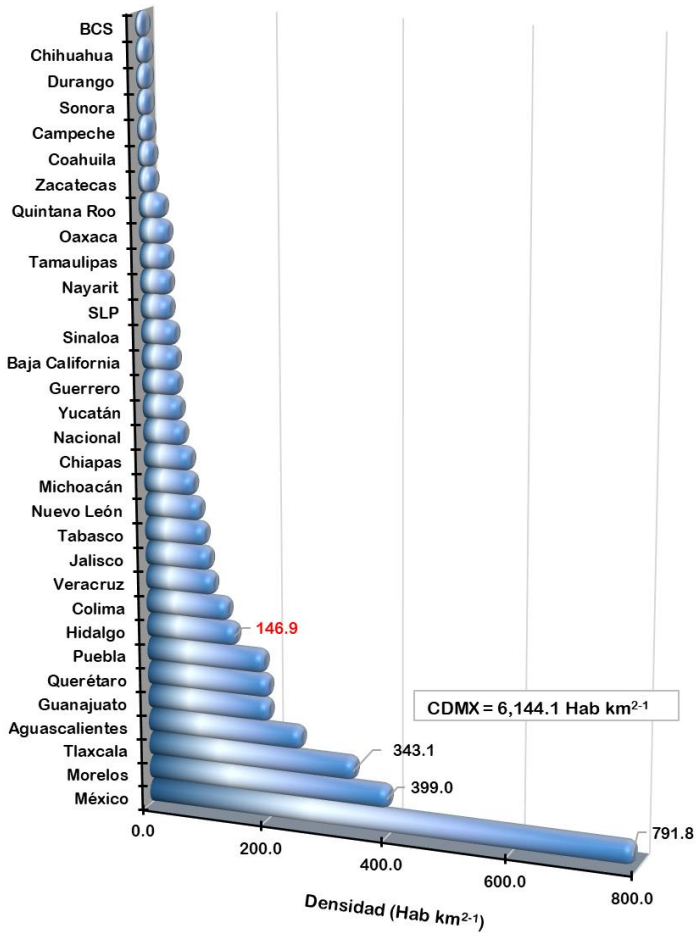



Fuente: Elaboración propia con información del INEGI, en: https://www.inegi.org.mx/programas/ccpv/2020/.

***Figura IV.87. Población por entidad federativa de acuerdo con el censo de población y vivienda realizado por el INEGI en el año 2020.***

Relacionando la superficie estatal con el tamaño poblacional, resulta que el estado de Hidalgo tiene una densidad poblacional de 146.9 Hab $km^{2-1}$, ocupando el noveno lugar entre los estados del país con mayor densidad, donde los estados de Baja California Sur y Chihuahua son los que tienen la menor población por unidad de área con 10.8 y

15.1 Hab km$^{2-1}$ (Figura IV.88). En este rubro resulta que las entidades con la mayor densidad poblacional son la Ciudad México y Estado de México con 6,144.1 y 791.8 Hab km$^{2-1}$, respectivamente.

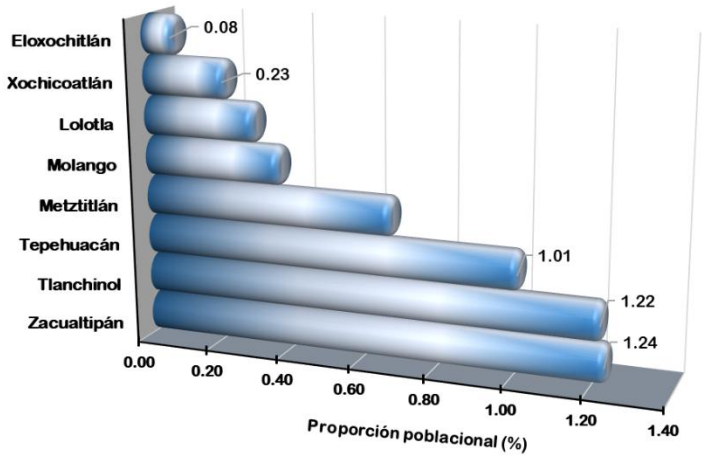



Fuente: Elaboración propia con información del INEGI, en: https://www.inegi.org.mx/programas/ccpv/2020/.

***Figura IV.88. Densidad poblacional por entidad federativa de acuerdo con el censo de población y vivienda realizado por el INEGI en el año 2020.***

De igual forma, y con base al último censo de población y vivienda realizado por el INEGI a nivel nacional en el 2020 (ver: https://www.inegi.org.mx/programas/ccpv/2020/), a nivel estatal se tiene que el municipio de Zacualtipán de Ángeles es el de mayor población de los ocho que conforman el SAR, concentrando apenas el 1.24% de los 3’082,841 habitantes del estado, seguido ligeramente abajo por los municipios de Tlanchinol y Tepehuacán de Guerrero con el 1.22% y 1.01%, en el orden citado (Figura IV.89). Eloxochitlán y Xochicoatlán resultaron ser los municipios con la menor población de los ocho involucrados en el SAR, con apenas el 0.08 y 0.23% de la población estatal.

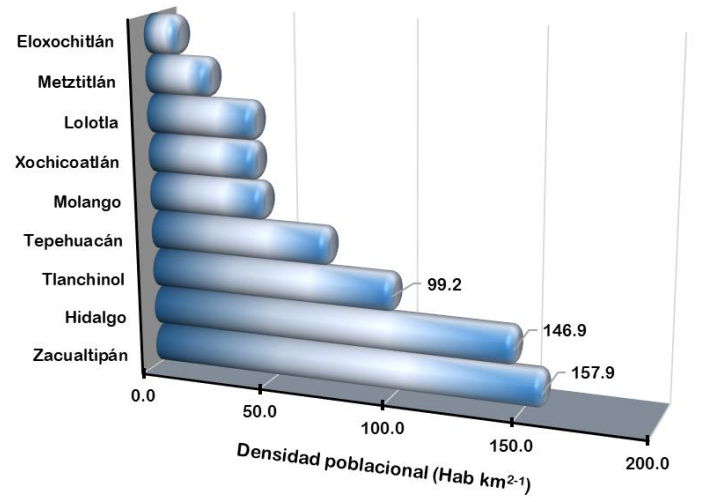
La población de los ocho municipios involucrado en la conformación del SAR representa ser el 88.26% de la población estatal.




Fuente: Elaboración propia con información del INEGI, en: https://www.inegi.org.mx/programas/ccpv/2020/.

***Figura IV.89. Proporción poblacional de los municipios del estado de Hidalgo involucrados en la conformación del SAR de acuerdo con el censo de población y vivienda realizado por el INEGI en el año 2020.***

Relacionando el tamaño poblacional y la superficie municipal, resultó que el municipio de Zacualtipán de Ángeles es el que tiene la mayor densidad poblacional con 157.9 Hab km$^{2-1}$, ligeramente superior a la obtenida a nivel estatal con 146.9 Hab km$^{2-1}$ (Figura IV.90). Al municipio de Zacualtipán de Ángeles le sigue, en cuanto a densidad poblacional, Tlanchinol con 99.2 Hab km$^{2-1}$ y Tepehuacán de Guerrero con 73.2 Hab km$^{2-1}$. Por debajo de estos municipios se encuentran los otros inmersos en el SAR, en cuarto lugar, se encuentra Molango de Escamilla (46.9 Hab km$^{2-1}$), Xochicoatlán (44.0 Hab km$^{2-1}$) y Lolotla (43.9 Hab km$^{2-1}$). Eloxochitlán es el municipio que participa en la conformación del SAR que tiene la menor densidad población con sus 12.9 Hab km$^{2-1}$, ligeramente superior a la densidad población de Baja California Sur, el estado con la menor densidad poblacional a nivel nacional (10.8 Hab km$^{2-1}$).




Fuente: Elaboración propia con información del INEGI, en: https://www.inegi.org.mx/programas/ccpv/2020/.

***Figura IV.90. Densidad poblacional en los municipios involucrados en la conformación del SAR de acuerdo con el censo de población y vivienda realizado por el INEGI en el año 2020.***

### IV.3.5.3. Dinámica poblacional

El crecimiento poblacional nacional ha mostrado un comportamiento similar al que se ha tenido a nivel mundial de acuerdo con la información proporcionada por el Banco Mundial (ver: https://datatopics.worldbank.org/world-development-indicators/themes/people.html). En el periodo de 1970 a 2020, México pasó de tener tasas de crecimiento poblacional anuales de 3.18% a 0.73%, siendo más fuerte la caída que la mostrada a nivel mundial que pasó de ser de 2.09 a 1.01% en el mismo periodo. En este mismo lapso, la tasa promedio de crecimiento poblacional anual de México es ligeramente superior a la mundial (1.86 vs 1.53%); cuando ha habido países que han tenido una tasa de crecimiento negativa (disminución de la población), tales como Letonia, Bulgaria, Serbia y Lituania (-0.41, -0.38, -0.01 y -0.21%, respectivamente), mientras que países de medio oriente todavía tienen tasas de crecimiento por arriba del 3.0% (Emiratos Árabes Unidos 7.06%, Qatar 6.41%, Kuwait 3.47 y Bahréin 3.76%).

En el periodo de referencia, hasta finales de los 90's, a nivel nacional todavía se tenían tasas promedio de crecimiento anual poblacional superiores al 2%, lo que se reflejó en un incremento poblacional del 19.98% (igual a 16.23 millones de habitantes). Sin embargo, a partir del 2000 éstas se han mantenido más o menos estables y por debajo del 1.5%, excepto en el 2010 que resultó ser de 1.76%, lo que ha implicado un incremento poblacional del 12.17% (13.68 millones de habitantes), entre los dos últimos censos poblacionales de vivienda (Tabla IV.50).

A nivel estatal, de 1990 al 2020 el estado de Hidalgo ha tenido tasas promedio de crecimiento anual (TPCA) demográfico superiores a la obtenida a nivel nacional, no obstante que han venido cayendo paulatinamente, siendo el promedio de 1.78% a nivel estatal cuando a nivel nacional es de 1.52% (Tabla IV.50).

***Tabla IV.50. Número de habitantes a nivel nacional, estatal y municipal de 1990 a 2020 de acuerdo con los censos y conteos poblacionales realizados por el INEGI[§].***

| Entidad | 1990 | 1995 | 2000 | 2005 | 2010 | 2015[§§] | 2020 | TPCA (%) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Nacional | 81'249,645 | 91'158,290 | 97'483,412 | 103'263,388 | 112'336,538 | 119'530,753 | 126'014,024 | 1.52 |
| Hidalgo | 1'888,366 | 2'112,473 | 2'235,591 | 2'345,514 | 2'665,018 | 2'858,359 | 3'082,841 | 1.78 |
| Eloxochitlán | 3,367 | 2,784 | 3,044 | 2,417 | 2,800 | 2,667 | 2,593 | -0.63 |
| Lolotla | 9,123 | 9,463 | 9,867 | 9,541 | 9,843 | 9,461 | 9,474 | 0.27 |
| Metztitlán | 21,418 | 21,595 | 20,599 | 20,123 | 21,623 | 20,111 | 20,962 | 0.03 |
| Molango | 10,139 | 10,232 | 10,769 | 10,385 | 11,209 | 11,587 | 11,578 | 0.25 |
| Tepehuacán | 22,120 | 24,221 | 25,880 | 27,240 | 29,125 | 30,750 | 31,235 | 1.20 |
| Tlanchinol | 28,002 | 31,193 | 32,265 | 33,694 | 36,382 | 39,772 | 37,722 | 1.22 |
| Xochicoatlán | 7,983 | 7,846 | 7,519 | 6,954 | 7,320 | 7,706 | 7,015 | -0.34 |
| Zacualtipán | 19,728 | 22,785 | 24,933 | 25,987 | 32,437 | 34,720 | 38,155 | 2.38 |

[§] Datos de 1990 a 2020: https://www.inegi.org.mx/programas/ccpv/2020/#Tabulados.
[§§] Datos de 2015: https://www.inegi.org.mx/programas/intercensal/2015/default.html#Tabulados.

Analizando el comportamiento poblacional del Estado y de los municipios inmersos en el SAR del proyecto, considerando la información de los censos y conteos poblaciones del INEGI de 1980 al 2020 (ver: en: https://www.inegi.org.mx/programas/ccpv/2020/#Tabulados), se puede observar un comportamiento poblacional irregular y diferente entre ellos (Tabla IV.51). El Estado tuvo una TPCA entre 1980 y 1990 de 2.20%, la cual cayó en

la siguiente década a 1.39% para mantenerse en ese rubro con ligera variación hasta el 2020, el valor más alto se tuvo en el lustro de 2005-2010 cuando se alcanzó una TPCA de 1.76%, cuando este había caído un lustro anterior a su nivel más bajo 1.19%.

Los municipios de Zacualtipán de Ángeles y Tlanchinol destacan por ser de los ocho municipios lo que han tenido las más altas TPCA poblacionales. Zacualtipán, especialmente, se caracteriza por tener TPCA muy variables, de 1980 1 1990 está fue de 2.49%, sube en el siguiente lustro a 3.10% y baja al siguiente a 1.89%. La máxima TPCA se tiene entre el lustro de 2005 a 2010 cuando alcanza un valor de 4.96%. Al final del periodo en análisis, su TPCA resultó ser de 2.38%.

El caso de Tlanchinol también ha sido un tanto variable, pero llegar a mostrar las grandes variaciones de Zacualtipán. Las TPCA de 1990 y 1995 no muestran gran variación, incluso su máxima TPCA lograda en 2015 solo fue del 1.86%, cuando en el lustro de 1995 al 2000 solo fue de 0.69%, la más baja en el periodo bajo análisis. Al final, su TPCA resultó ser de solo el 1.22%.

De los ocho municipios, llama la atención el comportamiento poblacional de Eloxochitlán y Xochicoatlán ya que ha venido mostrando una caída en ambos casos. El municipio de Eloxochitlán tuvo dos importantes caídas, la primera entre 1990 y 1995 con una TPCA de -3.46, y, la segunda, entre 2000 y 2005 con su TPCA de -4.12%. Al final del período en análisis, su TPCA resultó ser -0.63%; cuando 1990 su población fue de 3,367 habitantes, en el 2020 bajó a 2,593 habitantes.

Xochicoatlán, entre 1990 y 2005, mostró TPCA negativas resultado de la pérdida poblacional, siendo la más significativas la que se dio entre el año 2000 y el 2005 con una TPCA de -1.50. Sin embargo, en el lustro 2015 – 2020 fue donde se tuvo la mayor disminución poblacional, resultado una TPCA del -1.79%. Al final del periodo bajo análisis, su TPCA fue de -0.34%, con una población de 7,983 habitantes en 1990 y 7,015 en el 2020.

***Tabla IV.51. Tasa promedio de crecimiento anual poblacional estatal y de los municipios inmersos en el SAR del proyecto de acuerdo con los censos y conteos de población y vivienda realizados por el INEGI[§].***

| Entidad | 1990 | 1995 | 2000 | 2005 | 2010 | 2015[§§] | 2020 | TPCA (%) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Nacional** | 2.15 | 2.44 | 1.39 | 1.19 | 1.76 | 1.28 | 1.08 | 1.52 |
| **Hidalgo** | 2.20 | 2.37 | 1.17 | 0.98 | 2.72 | 1.45 | 1.57 | 1.78 |
| **Eloxochitlán** | -0.36 | -3.46 | 1.87 | -4.12 | 3.17 | -0.95 | -0.55 | -0.63 |
| **Lolotla** | 1.08 | 0.75 | 0.85 | -0.66 | 0.63 | -0.78 | 0.03 | 0.27 |
| **Metztitlán** | 0.51 | 0.17 | -0.92 | -0.46 | 1.49 | -1.40 | 0.85 | 0.03 |
| **Molango** | -1.04 | 0.18 | 1.05 | -0.71 | 1.59 | 0.67 | -0.02 | 0.25 |
| **Tepehuacán** | 1.30 | 1.90 | 1.37 | 1.05 | 1.38 | 1.12 | 0.32 | 1.20 |
| **Tlanchinol** | 2.26 | 2.28 | 0.69 | 0.89 | 1.60 | 1.86 | -1.03 | 1.22 |
| **Xochicoatlán** | -0.04 | -0.34 | -0.83 | -1.50 | 1.05 | 1.05 | -1.79 | -0.34 |
| **Zacualtipán** | 2.49 | 3.10 | 1.89 | 0.85 | 4.96 | 1.41 | 1.98 | 2.38 |

[§] Datos de 1990 a 2020: https://www.inegi.org.mx/programas/ccpv/2020/#Tabulados.
[§§] Datos de 2015: https://www.inegi.org.mx/programas/intercensal/2015/default.html#Tabulados.

#### IV.3.5.3.1. Variables de la dinámica poblacional

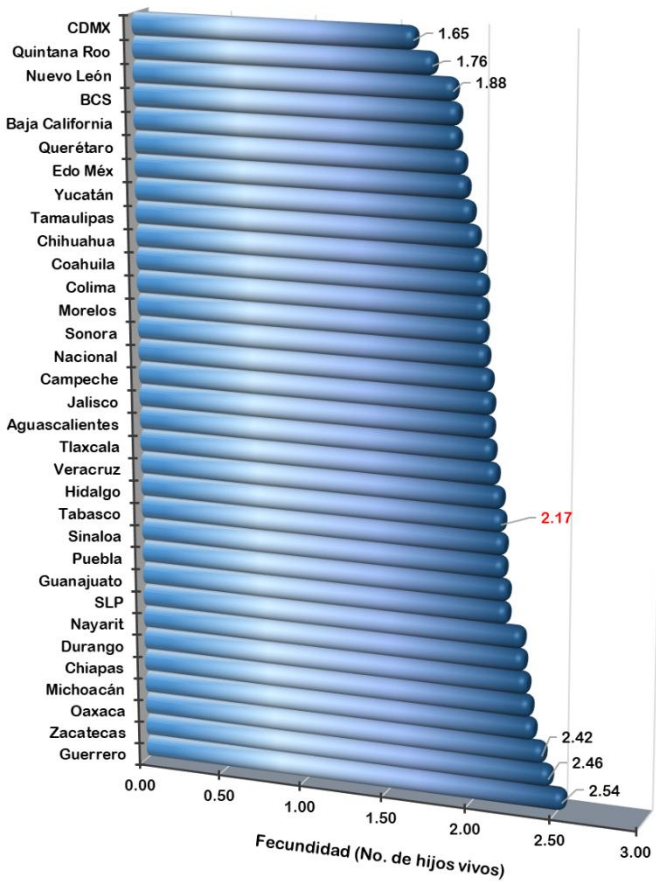
La dinámica poblacional está conformada por los nacimientos, defunciones y los movimientos poblacionales migratorios que se componen de la inmigración y emigración; al final de este balance, tomando como referencia la población en tiempos determinados, se tiene el número de habitantes en un lugar y momento dado. Y, al comparar estas variables entre años, periodos y/o censos, ayudan a explicar diferentes variables relacionadas con la población, principalmente en temas relacionados con salud, seguridad, economía, servicios, entre otros. A continuación, se analizarán variables relacionadas directamente con la densidad poblacional.

A) Fecundidad

La fecundidad es una de las principales variables que determinan el crecimiento o disminución poblacional, así como del cambio estructural por grupo de edades. En nuestro caso, la fecundidad se expresa como el número de hijos vivos por el total de mujeres mayores de 12 años, conforme con los resultados presentados por el INEGI en sus censos poblacionales.

De acuerdo con los resultados del censo de población y vivienda realizado por INEGI, Guerrero es el estado que tiene la mayor fecundidad a nivel nacional con 2.54 hijos vivos, seguido por los estados de Zacatecas y Oaxaca con 2.46 y 2.42 hijos vivos, respectivamente (Figura IV.91). Por el contrario, los estados del país que tienen los valores de fecundidad más bajos son la Ciudad de México, Quintana Roo y Nuevo León, con 1.65, 1.76 y 1.88 hijos vivos por mujer mayor de 12 años. En decimotercer lugar, con mayor fecundidad a nivel nacional se encuentra el estado de Hidalgo con 2.17 hijos vivos.

Los resultados obtenidos en el censo poblacional de 2020 muestran un dato relevante, y un poco preocupante a la vez, que de las 32 entidades federales que conforman el país, 14 de ellas se encuentran por debajo de la denominada fecundidad de reemplazo, entre ellos el país mismo. La fecundidad de reemplazo es el límite mínimo que garantiza un crecimiento poblacional bajo un supuesto de mortalidad constante y ausencia de migración. El nivel de fecundidad de reemplazo requerido es de 2.1 hijos por mujer, tasa que asegura la reposición del número de mujeres en edades reproductivas. Una tasa menor a la mencionada ocasiona una disminución de la población en el largo plazo (Cabella y Nathan, 2018). Esto no lleva a mencionar que el estado de Hidalgo se encuentra en el límite de la fecundidad de reemplazo.




Fuente: Elaboración propia con información del INEGI, en: https://www.inegi.org.mx/programas/ccpv/2020/#Tabulados.

***Figura IV.91. Fecundidad a nivel nacional y estatal con base en los resultados del censo de población y vivienda realizado por el INEGI en el año 2020, expresada como el número de hijos vivos promedio por mujeres en edad reproductiva.***

Analizando la información de los censos poblacionales de 1970 a 2020, se tiene que esta variable ha venido disminuyendo, de manera general, a través de las décadas, tal y como lo muestran los resultados censales. Como se puede ver en la Tabla IV.52, el descenso más pronunciado en el número de hijos vivos se dio entre el 2000 y 2020, donde a nivel nacional pasó de 2.59 a 2.09, siendo ligeramente mayor la caída en el estado donde pasó de 2.76 a 2.17 hijos vivos.

Analizando el comportamiento de esta variable entre los municipios inmersos en el SAR, se puede ver que no ha existo en cambio muy significativo. Los resultados de los censos realizados entre 1970 y 2020, muestran que las mayores fecundidades han estado entre 3.80 en 1970 y 2.93 en el 2020, y, por otro lado, las menores van de 2.80 en 1980 y 2.00 en el 2020. La mayor variación se tuvo en 1970 cuando Tlanchinol alcanzó la mayor fecundidad (3.80 hijos vivos) y Zacualtipán de Ángeles la menor (2.60 hijos vivos). La menor variación se tuvo a la siguiente década, cuando Eloxochitlán resultó con una fecundidad de 3.70 hijos vivos y Zacualtipán de Ángeles la menor con 2.80 hijo vivos.

Entre los censos de población y vivienda de 1970 y 2010 no tuvo un gran cambio en entre las fecundidades con valores máximos de entre 3.80 y 3.20 hijos vivos, mientras que, los valores bajos fueron de 2.19 a 2.80 hijos vivos.

Es hasta el censo de población y vivienda de 2020 que se tiene una mayor caída en la fecundad, donde Tepehuacán de Guerrero reportó la fecundidad de 2.93 hijos vivos y Zacualtipán de Ángeles la menor de 2.00 hijos vivos por mujer en etapa reproductiva, siendo el único por debajo de la fecundidad de reemplazo.

***Tabla IV.52. Fecundidad a nivel nacional, estatal y municipal de 1970 a 2020, expresada como el número de hijos vivos promedio por mujeres en edad reproductiva.***

| Entidad | 1970 | 1980 | 1990 | 2000 | 2010 | 2020 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Nacional | 3.1 | 2.8 | 2.5 | 2.6 | 2.3 | 2.1 |
| Hidalgo | 3.40 | 3.10 | 2.80 | 2.76 | 2.45 | 2.17 |
| Eloxochitlán | 3.40 | 3.70 | 3.60 | 3.47 | 3.19 | 2.78 |
| Lolotla | 2.70 | 3.10 | 3.20 | 3.18 | 2.99 | 2.84 |
| Metztitlán | 3.70 | 3.60 | 3.30 | 3.26 | 2.97 | 2.62 |
| Molango de Escamilla | 3.10 | 3.20 | 3.20 | 3.11 | 2.90 | 2.67 |
| Tepehuacán de Guerrero | 3.10 | 3.30 | 3.30 | 3.55 | 3.20 | 2.93 |
| Tlanchinol | 3.80 | 2.90 | 3.10 | 3.11 | 2.80 | 2.70 |
| Xochicoatlán | 3.40 | 3.20 | 3.30 | 3.38 | 3.03 | 2.73 |
| Zacualtipán de Ángeles | 2.60 | 2.80 | 2.50 | 2.50 | 2.19 | 2.00 |
| Máximo | 3.80 | 3.70 | 3.60 | 3.55 | 3.20 | 2.93 |
| Mínimo | 2.60 | 2.80 | 2.50 | 2.50 | 2.19 | 2.00 |

La información sobre la planificación familiar, más el acceso a las medidas establecidas para ello proporcionadas en los tres niveles de gobierno, han jugado un papel relevante para que esta variable poblacional presente el descenso hasta ahora tenido. Parece ser que los programas sobre planificación familiar implementados han ayudado a que las parejas piensen y definan el número de hijos que desean tener, mostrando su resultado en el descenso en el número de hijos por población femenina a nivel nacional, estatal y municipal.

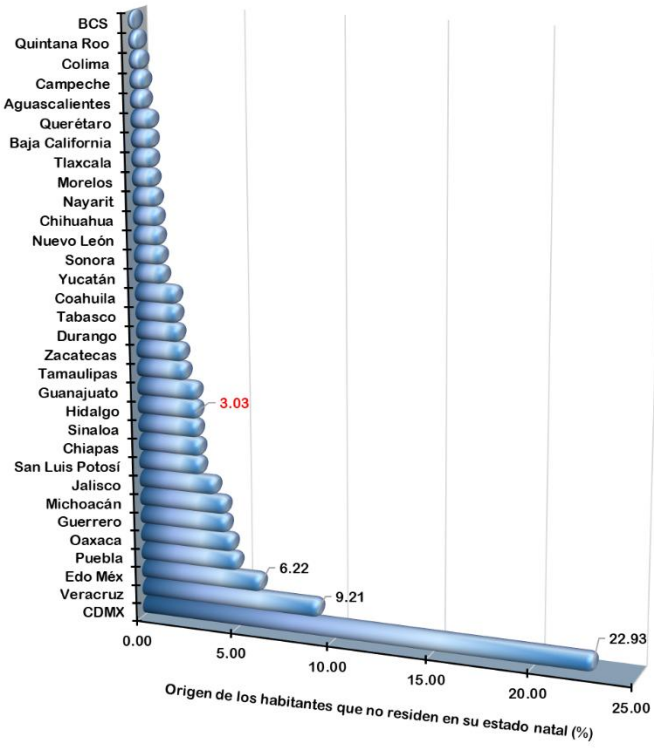
A) Migración

Los movimientos poblacionales internos e internacionales, considerando los que entran a un lugar como los que salen, tienen una influencia considerable en la variación poblacional de un lugar en tiempos determinados. Es un fenómeno social al que se ve forzada la población mundial principalmente por la pobreza, búsqueda de más y mejores alternativas de empleo, un empleo mejor remunerado, inseguridad alimentaria, para realizar o continuar con sus estudios, en búsqueda de un lugar más seguro para vivir, desastres naturales o simplemente para reunirse con su familia, opciones que no encuentran o no logran alcanzar en sus lugares de origen.

El CONAPO et al. (2012), mencionaron que la Organización Internacional para las Migraciones define a la migración interna como el movimiento de personas de una región a otra en un mismo país con el propósito de establecer una nueva residencia, misma que puede ser de carácter temporal o permanente. Para el censo de población y vivienda

de 2010, el INEGI reportó que de la población total 19’747,511 habitantes no residían en su entidad federativa natal, población que incrementó a 21’611,963 habitantes para el censo del 2020.

El estado de Hidalgo resulta no ser un estado que se caracterice por ser expulsor de su población. De los resultados del censo de población y vivienda realizado por el INEGI en el 2020, resulta que Hidalgo ocupa el decimosegundo lugar en cuanto a población estatal con mayor población migrante interna con el 3.03%, donde la CDMX, Veracruz y el Estado de México resultaron ser las entidades federales que tienen mayor número de pobladores viviendo en otros estados del país con el 22.93, 9.21 y 6.22% de nacidos viviendo en otros estados del país (Figura IV.92). Por el contrario, las entidades federales que tienen menor migración interna son Baja California Sur, Quintana Roo y Colima, estados que tienen el 0.19, 0.41 y 0.53% de nacidos viviendo en otros estados del país, conocida como migración interna.

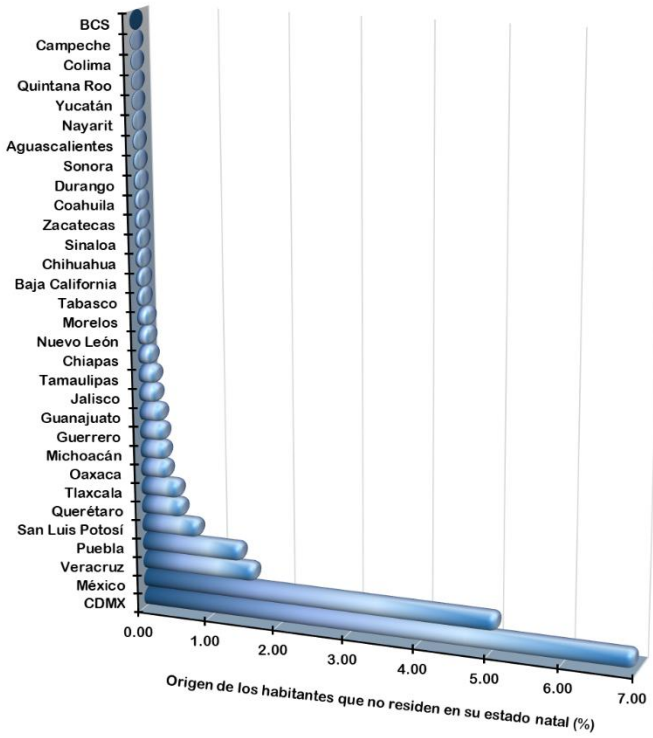



Fuente: Elaboración propia con información del INEGI, en: https://www.inegi.org.mx/programas/ccpv/2020/#Tabulados.

***Figura IV.92. Distribución proporcional de la población que no residía en su estado natal al momento de levantar el censo de población y vivienda por parte del INEGI en el 2020.***

El estado de Hidalgo, de acuerdo con los resultados del censo de población y vivienda realizado por el INEGI en el 2020, resulta ser un estado atrayente de habitantes de otros estados, algo que caracteriza a los estados del centro que se encuentran cerca de la zona conurbada de la Ciudad de México, ya que de los 3’082,841 habitantes el 19.78% resultó ser originaria de otras entidades federales (Figura IV.92). En este rubro destaca el estado de Querétaro, el cual, de sus 2’368,467 habitantes, el 29.0% son originarios de otros estados del país.

En el estado de Hidalgo se censaron pobladores nacidos en las 31 entidades restantes del país, siendo los originarios de la Ciudad de México, Estado de México y Veracruz los de mayor población, representando el 6.94, 5.06 y 1.62% de la población censada en el estado (Figura IV.93). Los estados que menormente estuvieron representados fueron BCS, Campeche y Colima, con solo el 0.01% para BCS y 0.02% de los otros dos estados.




Fuente: Elaboración propia con información del INEGI, en: https://www.inegi.org.mx/programas/ccpv/2020/#Tabulados.

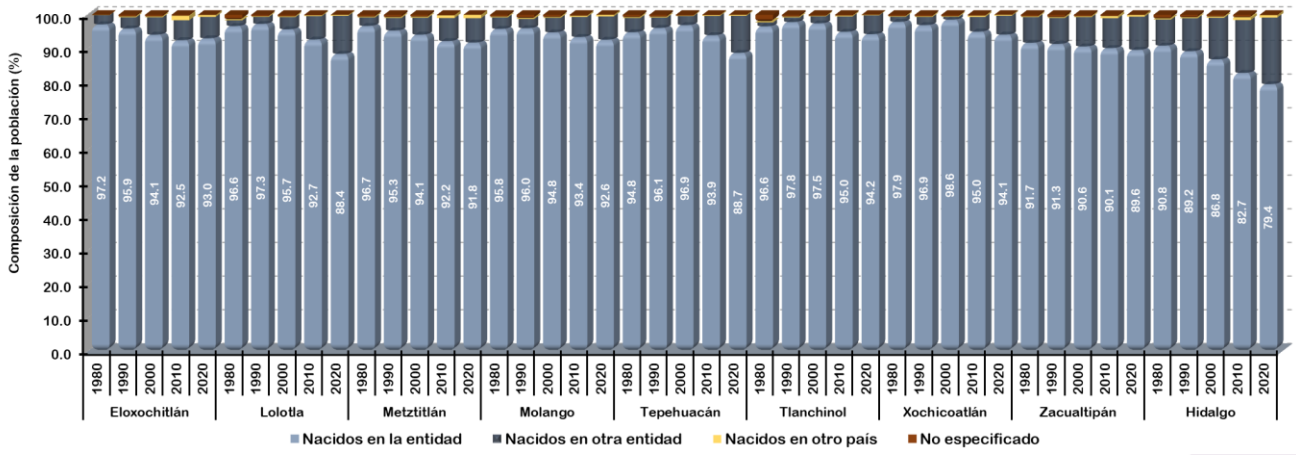
***Figura IV.93. Distribución proporcional de la población del estado de Hidalgo proveniente del interior del país al momento de levantar el censo de población y vivienda por parte del INEGI en el 2020.***

La predominancia de la población nacida en el estado sobre la población migrante siempre ha sido mayor, sin embargo, de 1980 al 2020 se nota un descenso en su composición, mientras en 1980 esta era del 89.2%, reduciendo su proporción solo 2.4% en el siguiente censo, para el censo del 2020 cayó al 79.4% (Figura IV.94). En este periodo, la población que ha venido incrementando lentamente es la de nacidos en otra entidad, en la que pasó de ser el 7.8% en 1990 al 15.7% en el censo realizado en el 2020. Si bien, la población de nacidos en otro país ha venido incrementándose paulatinamente, esta apenas rondó el 0.6% en este último censo, cuando en los dos primeros censos apenas representaban ser 0.04 y 0.05% de la población total del estado.

A nivel municipal se pueden diferenciar dos grupos, por un lado, está el comportamiento de los municipios de Lolotla Tepehuacán de Guerrero y Zacualtipán de Ángeles que han tenido un comportamiento similar al del estado, pero sin llegar incrementar la población nacida en otra entidad al nivel que se tiene a nivel estatal. En estos tres municipios, la población nacida en la entidad fue superior al 90% en los censos de 1980, 1990, 2000 y 2010, y, para el censo de población y vivienda 2020 apenas bajó de este porcentaje, siendo el 88.4% en el municipio de Lolotla, 88.7% en Tepehuacán de Guerrero y 89.6% en Zacualtipán de Ángeles.

Por otro lado, se tiene a los municipios de Eloxochitlán, Metztitlán, Molango de Escamilla, Tlanchinol y Xochicoatlán que han tenido una ligera disminución de su población no nacida en la entidad en las últimas cinco décadas, pero sin llegar a bajar sin representar más del 10% de la población total. Estos resultados muestran que se trata de municipios que son poco atractivos para migrar.

La población de extranjeros en los tres primeros censos considerados en el análisis era muy baja en los ocho municipios, con proporciones que iban de 0.00% en los tres censos en Xochiotitlán a 0.06% en el censo del 2000 en el municipio de Metztitlán. En los dos últimos censos de población y vivienda se registró un ligero incremento de la población nacida en otro país, la cual llegó a representar el 1.21% de la población total del municipio de Eloxochitlán en el 2020. Sin embargo, los municipios de Metztitlán y Zacualtipán de Ángeles son los que han tenido un mayor arribo de personas no nacidas en México.

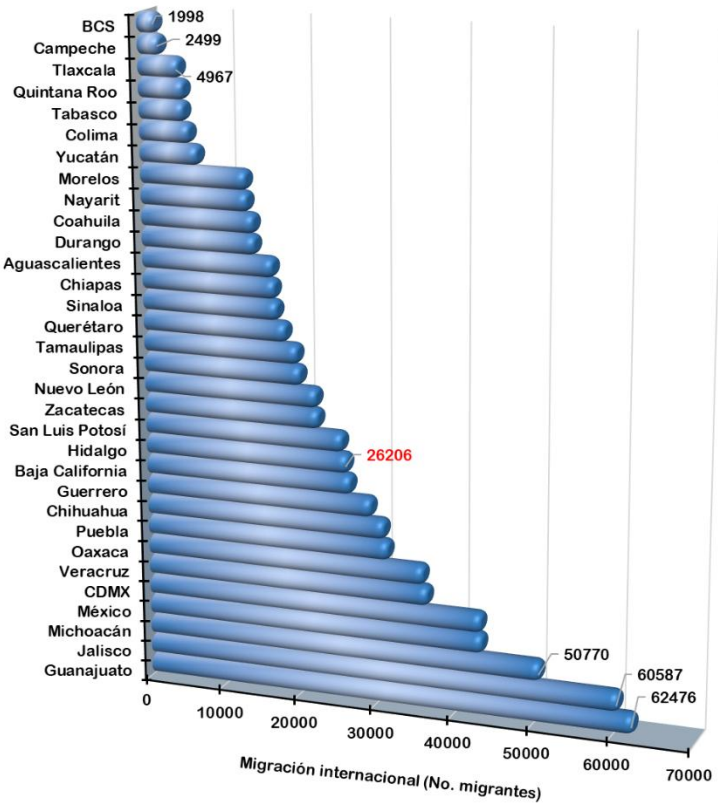



Fuente: Elaboración propia con información del INEGI, en: https://www.inegi.org.mx/programas/ccpv/2020/#Tabulados.

***Figura IV.94. Origen de la población a nivel estatal y en los municipios involucrados en la conformación del SAR, de acuerdo con los resultados de los últimos cinco censos de población y vivienda realizados por el INEGI.***

En este mismo sentido, como es ampliamente conocido y documentado, México es un país expulsor de su población, ocupando el 2° lugar mundial con población viviendo fuera del país, solo por debajo de la India (Tépach, 2015; CONAPO et al., 2023). En el periodo del 2000 al 2013, México tuvo una tasa migratoria anual promedio del 2.1% (Tépach, 2015); siendo los Estados Unidos el país preferido por los mexicanos para emigrar. En el año 2017, de los 12’964,882 migrantes mexicanos en el mundo, el 97.83% se encontraba en los EE. UU, muy por debajo estuvieron Canadá y España, en el 2° y 3$^{er.}$ puesto de preferencia, con el 0.63 y 0.38%, respectivamente (CONAPO et al., 2019).

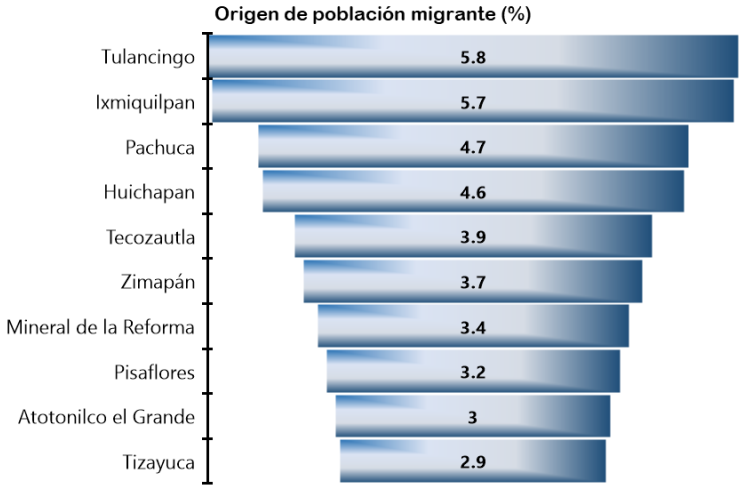
En este rubro, considerando el promedio de las matrículas consulares de población mexicana en EE. UU, por estado, entre el 2015 y 2020, resultó que el estado de Hidalgo obtuvo el decimosegundo lugar con mayor población emigrante en ese país con 26,206 migrantes (3.26% de la población emigrante registrada) (Figura IV.95). Los estados de Baja California Sur, Campeche y Quintana Roo fueron los que tuvieron menor población emigrante matriculada, representando entre las tres entidades apenas el 1.25% de los emigrantes matriculados en promedio en los EE. UU, en el periodo analizado. Por lo contrario, los estados con la mayor población migrante fueron Guanajuato, Jalisco y Michoacán, sumando entre los tres estados el 21.65% de la población migrante.




Fuente: Elaboración propia con información de CONAPO et al. (2021).

***Figura IV.95. Flujo de emigrantes mexicanos fuera del territorio nacional según estado de nacimiento, 2015-2020.***

De acuerdo con las matrículas consulares de población mexicana en los EE. UU., entre el 2015 y 2020 la población migrante del estado de Hidalgo estuvo dominada ampliamente por los originarios del municipio de Tulancingo, seguido por los originarios de los municipios de Ixmiquilpan, Pachuca, Huichapan y Tecozautla, de acuerdo con la información presentada por la CONAPO et al. (2021) (Figura IV.96). Ninguno de estos municipios forma parte del SAR, de hecho, entre los 10 municipios del estado con mayor población migrante matriculada en los cónsules mexicanos en los EE.UU., no aparece alguno de los ocho municipios del estado involucrados en la conformación del SAR.




Fuente: Elaboración propia con información de CONAPO et al. (2021).

***Figura IV.96. Origen de la población migrante del estado de Hidalgo registrada en los consulados de México en los EE. UU., promedio entre el 2015 y 2020.***

Es claro que el fenómeno migratorio tiene efectos positivos y negativos que impactan a nivel regional, estatal y nacional, en temas culturales, educativos, laborales, políticos y, sobre todo, económicos. Por un lado, a nivel poblacional provoca cambios en la estructura, dinámica y tamaño de los hogares, cambios en la forma de vida de la población, altera las estructuras demográficas, por sexo y edades de la población, modificando las tasas de natalidad y mortalidad entre regiones receptoras y expulsoras, y la fuerza laboral entre regiones. Por otro lado, es innegable el beneficio que representan las remesas como soporte económico, no solo de las familias receptoras sino también en la economía regional, estatal y nacional.

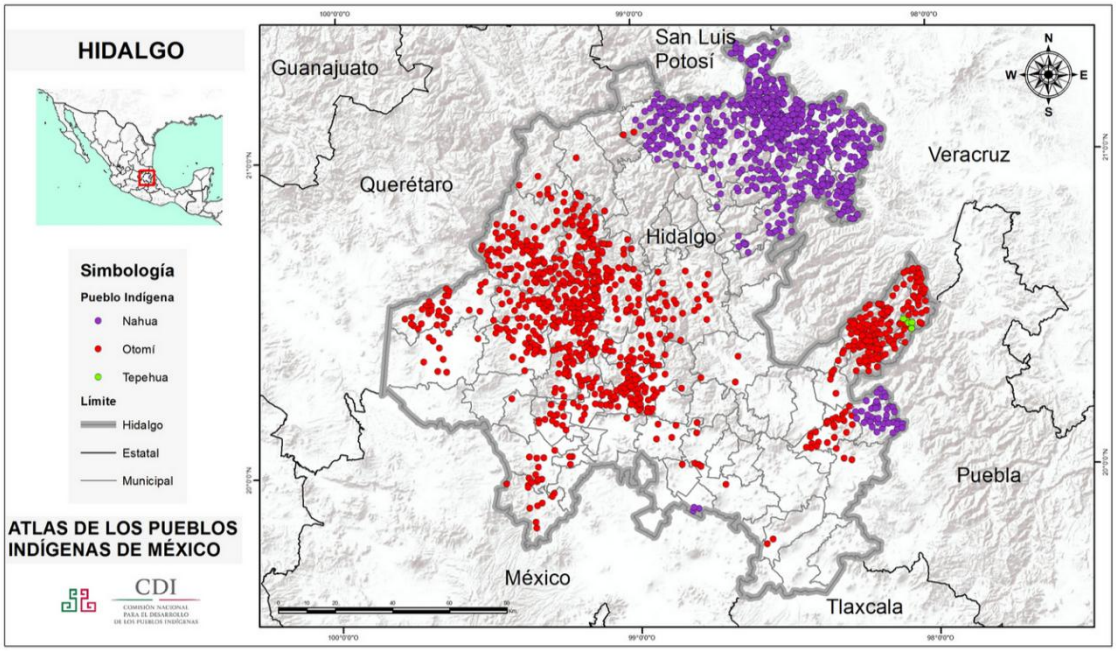
#### IV.3.5.3.2. Pueblos indígenas

El estado de Hidalgo se caracteriza por tener una gran diversidad de pueblos indígenas, aunque en realidad algunos de los pueblos que se reportan como presentes en el estado no son realmente originarios de la entidad. De acuerdo con el "Atlas de los Pueblos Indígenas de México" publicado por el Instituto Nacional de los Pueblos Indígenas (INPI) (ver página web: https://atlas.inpi.gob.mx/hidalgo-3/), en el 2015 se existían en el estado 606,045 pobladores representante de 33 pueblos indígenas. Sin embargo, entre estos se encontraban representantes de las etnias Maya, Tlapaneco, Tseltal, Tarasco, Tsotsil, Zoque, Triqui, Huichol, Tojolabal, Mayo, entre otras, con baja población y que se puede explicar su presencia por fenómenos migratorios y no por ser pueblos indígenas originarios del estado.

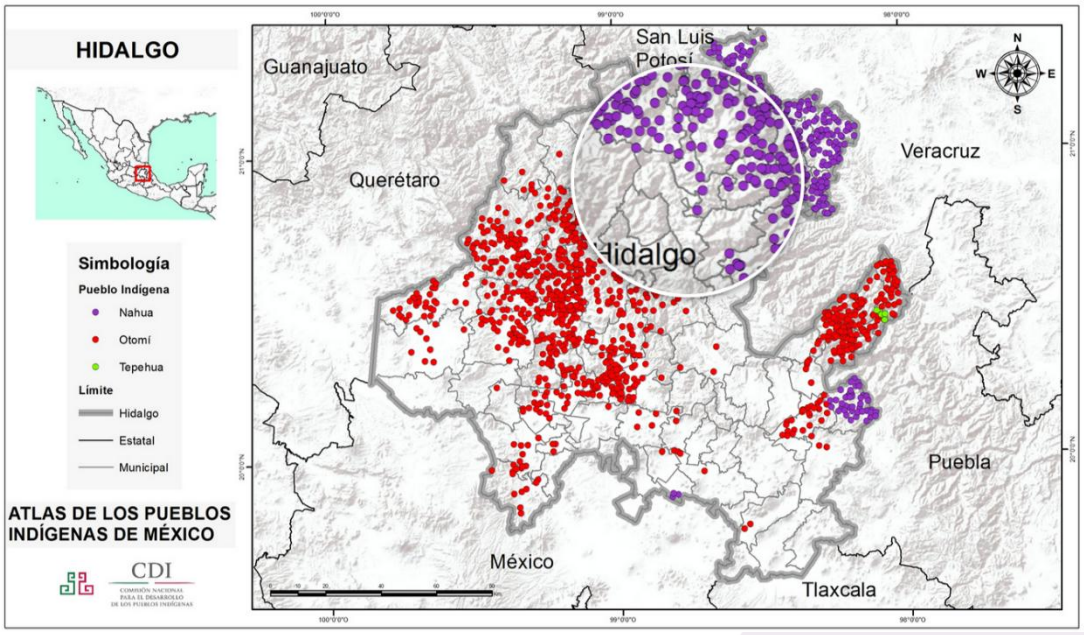
En la actualidad, la población indígena del estado de Hidalgo está formada por tres pueblos originarios: otomíes nahuas y tepehuas. Los otomíes se ubican principalmente en la región del Valle del Mezquital y en la Sierra de Tenango (Figura IV.97). Los Tepehuas se distribuyen principalmente en una pequeña región en la Sierra de Tenango, la cual comparten con otomíes. Y, los nahuas se encuentran en la región de la Huasteca, en la parte de la Sierra Oriental, y una pequeña parte en la región de Acaxochitlán, donde comparten la región con otomíes.

Durante la conquista los nahuas desplazaron a los huastecos que habitaban en la región de huasteca de la Sierra Oriental, desplazándolos hacia la región de la huasteca de los estados de San Luis Potosí y Veracruz. Si bien, aún se

reporta la existencia de pueblos indígenas huastecos en el estado de Hidalgo, estos se tratan de pobladores provenientes de esa etnia, sin que se trate realmente de grandes comunidades.




Fuente: Tomando del Atlas de los Pueblos Indígenas de México del INPI, en: https://atlas.inpi.gob.mx/hidalgo-3/




El circulo se ubica en la parte del SAR del proyecto y muestra su ubicación con respecto a la distribución de los pueblos indígenas en el estado de Hidalgo.

***Figura IV.97. Distribución actual de las poblaciones indígenas en el estado de Hidalgo.***

De acuerdo con el censo de población y vivienda de 2020 realizado por el INEGI, en el estado de Hidalgo, el náhuatl era la lengua con mayor población hablante con 234,450 pobladores, seguido por el otomí con 120,492 y tepehua y totonaco con solo 1,656 y 891 hablantes, respectivamente.

El INPI publicó en su página web (https://catalogo.inpi.gob.mx/cedulas/) el catálogo nacional de pueblos y comunidades indígenas y afromexicanas, en los cuales se pueden consultar la distribución de todos los pueblos indígenas, por pueblo o comunidad, a nivel municipal y estado del país. Con la información obtenida en la página del INPI, se determinó que en los municipios donde se tiene incidencia del SAR definido para el proyecto existen 103 asentamientos que forman parte de una comunidad con presencia de pueblos indígena, ya sean que se clasifique con barrios, rancherías o localidades.

Los 103 asentamientos con presencia de representantes de pueblos indígenas se distribuyen en solo cinco de los municipios que forman parte del SAR. El municipio de Tlanchinol es el que tiene un mayor número de asentamientos con representantes de pueblos indígenas, con 56 de los 103 totales, seguido del municipio de Lolotla con 26 asentamientos. Metztitlán y Tepehuacán de Guerrero tienen 10 asentamientos, cada uno de ellos, y Molango de Escamilla solo uno.

Los asentamientos con representantes de pueblos indígenas de los municipios de Tlanchinol, Tepehuacán de Guerrero, Molango de Escamilla y Lolotla pertenecen al pueblo nahua. Solo los asentamientos ubicados en el municipio de Metztitlán pertenecen al pueblo indígena Otomí-Hñähñu.

De los 103 asentamientos con presencia de representantes de pueblos indígenas identificados en los municipios que forman parte parcial del SAR, solo 27 se encuentran dentro de la poligonal del SAR o el asentamiento humano se ubica a aproximadamente 1.0 km o menos del polígono, lo que implica que, si bien el asentamiento humano no está inmerso dentro del SAR, sí las áreas de trabajo.

Los 27 asentamientos pertenecen a pueblos nahuas, sin estar incluido alguno del pueblo Otomí-Hñähñu (Tabla IV.53; Figura IV.98). De estos 27 asentamientos, 13 se pertenecen al municipio de Lolotla, tres a Tepehuacán de Guerrero y 11 a Tlanchinol. En total suman 12,694 pobladores en los 27 asentamientos, 5,419 son del municipio de Lolotla, 2,310 a Tepehuacán de Guerrero y 4,965 a Tlanchinol.

Los asentamientos Ixtlahuaco, municipio de Lolotal, Acoxcatlán, municipio de Tepehuacán de Guerrero y Chipoco, de Tlanchinol, son los asentamientos con mayor número representantes de pueblos indígenas con 1,287, 1,065 y 1,002 habitantes, en el orden citado. En contraste, los asentamientos Tlacozintla, La Unión y Cuatitlanapa, pertenecientes al municipio de Lolotla, son lo que tienen el menor número de pobladores representantes de pueblos indígenas, con 52, 76 y 104, respectivamente.

***Tabla IV.53. Asentamientos humanos con representantes de pueblos indígenas influenciados por la poligonal del SAR del proyecto.***

| Nombre | Municipio | Localidad | Coordenadas | | Altitud | Población (Hab) | Pueblo |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | Latitud | Longitud | | | |
| Barrio Hueyotipa | Lolotla | Barrio Hueyotipa | 20.8431507 | -98.7193949 | 1,592 | 590 | Nahua |
| Chiconcoac | Lolotla | Chiconcoac | 20.9817988 | -98.7367579 | 1,370 | 516 | Nahua |
| Comontla | Lolotla | Comontla | 21.0481022 | -98.7388596 | 732 | 121 | Nahua |

| Nombre | Municipio | Localidad | Coordenadas | | Altitud | Población (Hab) | Pueblo |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | Latitud | Longitud | | | |
| Cuatitlanapa | Lolotla | Cuatitlanapa | 21.0858042 | -98.7458755 | 523 | 104 | Nahua |
| Huitznopala | Lolotla | Huitznopala | 20.9230762 | -98.7518443 | 1,194 | 207 | Nahua |
| Ixtacuatla | Lolotla | Ixtacuatla | 21.0373786 | -98.7526059 | 563 | 232 | Nahua |
| Ixtlahuaco | Lolotla | Ixtlahuaco | 20.8836308 | -98.7033539 | 1,420 | 1,287 | Nahua |
| La Unión | Lolotla | La Unión | 21.1044312 | -98.7521057 | 245 | 76 | Nahua |
| Santiago | Lolotla | Santiago | 20.8412895 | -98.7288208 | 1,392 | 125 | Nahua |
| Tlacozintla | Lolotla | Tlacozintla | 20.868248 | -98.7084656 | 1,501 | 52 | Nahua |
| Tlaltepingo | Lolotla | Tlaltepingo | 20.9359476 | -98.7315987 | 1,403 | 359 | Nahua |
| Tolago | Lolotla | Tolago | 20.9796765 | -98.7291879 | 1,283 | 915 | Nahua |
| Xuchitlán | Lolotla | Xuchitlán | 21.0640479 | -98.743861 | 636 | 835 | Nahua |
| Acoxcatlán | Tepehuacán de Guerrero | Acoxcatlán | 20.9743968 | -98.7773672 | 1,122 | 1,065 | Nahua |
| Acuimantla | Tepehuacán de Guerrero | Acuimantla | 21.0354862 | -98.7982025 | 280 | 677 | Nahua |
| Aquilastec | Tepehuacán de Guerrero | Aquilastec | 21.0155215 | -98.7586579 | 1,069 | 568 | Nahua |
| Amoxco | Tlanchinol | Amoxco | 21.0517769 | -98.7159805 | 665 | 345 | Nahua |
| Chachala | Tlanchinol | Chachala | 20.9701544 | -98.6937071 | 1,394 | 410 | Nahua |
| Chipoco | Tlanchinol | Chipoco | 20.9763389 | -98.7031538 | 1,455 | 1,002 | Nahua |
| Citlala | Tlanchinol | Citlala | 21.0686359 | -98.6981384 | 852 | 427 | Nahua |
| Cuatahuatla | Tlanchinol | Cuatahuatla | 21.0695234 | -98.7261644 | 641 | 146 | Nahua |
| Huitepec | Tlanchinol | Huitepec | 21.0542488 | -98.7234192 | 663 | 743 | Nahua |
| Ixtlapala | Tlanchinol | Ixtlapala | 21.0184848 | -98.7229951 | 855 | 736 | Nahua |
| Quetzaltzongo | Tlanchinol | Quetzaltzongo | 20.9314685 | -98.6957738 | 1,422 | 428 | Nahua |
| Santa Martha Ula | Tlanchinol | Santa Martha Ula | 21.0855595 | -98.7109215 | 424 | 253 | Nahua |
| Tenango | Tlanchinol | Tenango | 21.0774343 | -98.7111813 | 680 | 172 | Nahua |
| Tenexco | Tlanchinol | Tenexco | 21.0843651 | -98.7248309 | 442 | 303 | Nahua |

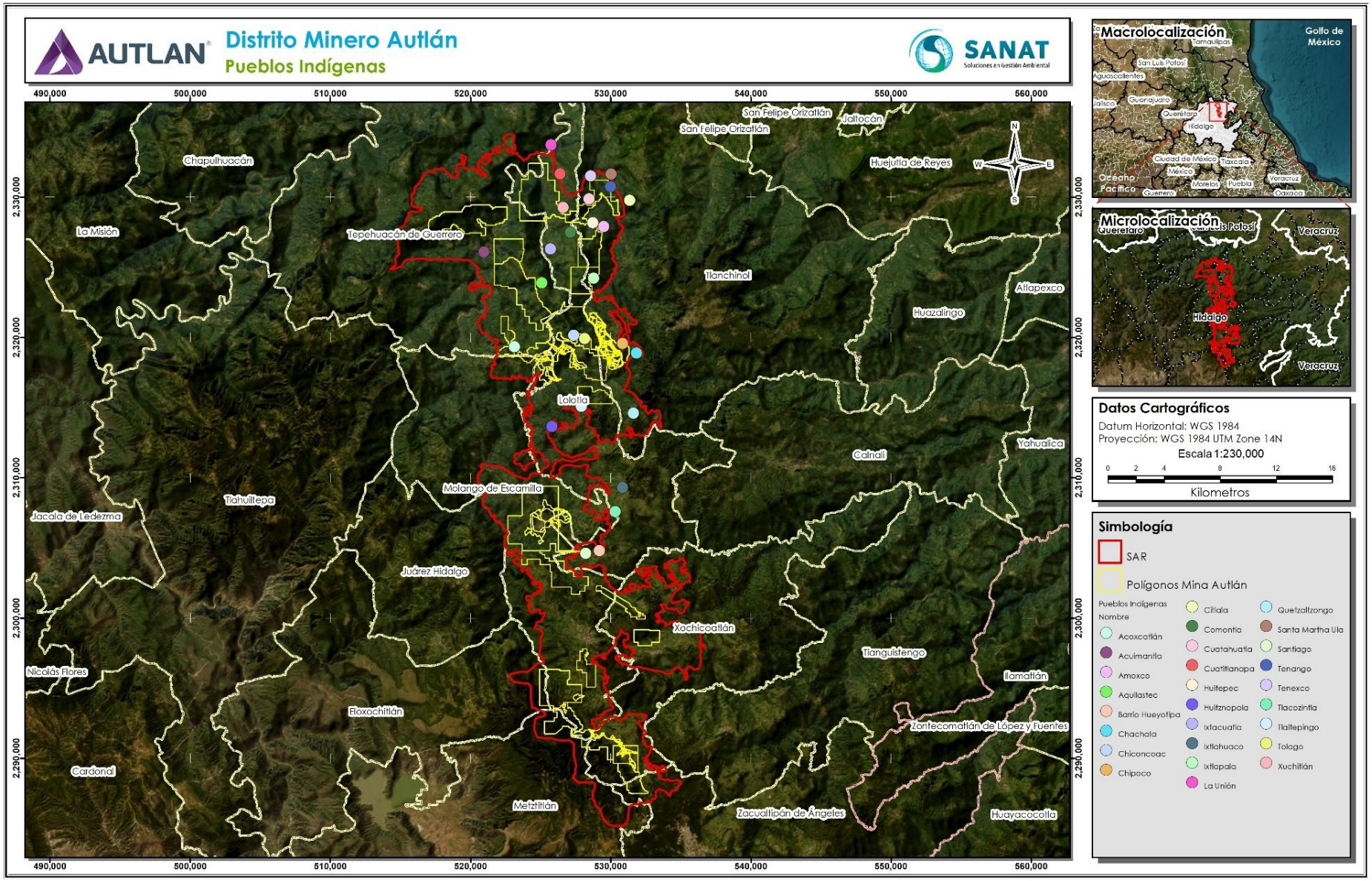
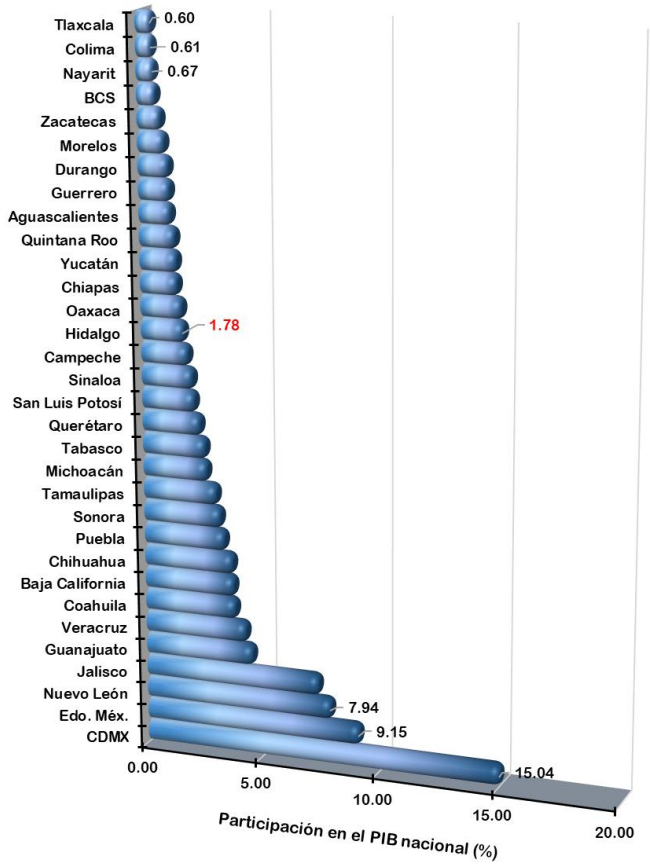



*Figura IV.98. Ubicación de los asentamientos humanos con representantes de pueblos indígenas con respecto a la poligonal del SAR del proyecto.*

## IV.3.5.4. Economía regional

### IV.3.5.4.1. Comportamiento de producto interno bruto

La gran actividad industrial y comercial de los estados del centro del país, principalmente de la Ciudad de México y del Estado de México, funcionan como un motor del desarrollo económico nacional desde hace décadas. Esto se ve reflejado en la participación que estas entidades federales tienen en la generación del Producto Interno Bruto (PIB) nacional. De acuerdo con información del INEGI (ver: https://www.inegi.org.mx/programas/pibent/2018/#tabulados), entre la Ciudad de México, Estado de México y Nuevo León generaron en promedio el 32.13% del PIB en el 2022, donde el primero participó con el 15.04% de esta cifra (Figura IV.99). Mientras que, por otro lado, el estado de Hidalgo se encuentra ocupando el lugar número 19 en cuanto a su participación nacional en la generación del PIB nacional, aportando el 1.78% de éste, usando 2018 como año base y cifras preliminares para el 2022.



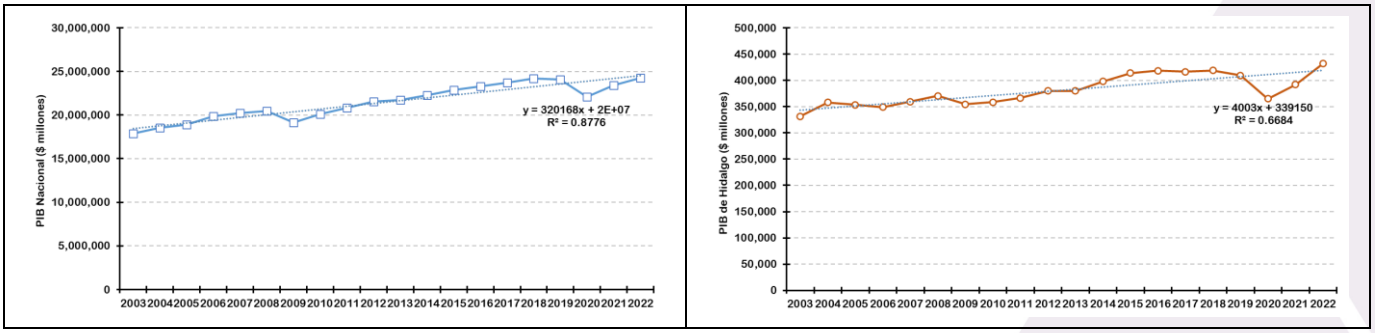

Fuente: Elaboración propia con información del INEGI, en: https://www.inegi.org.mx/programas/pibent/2018/#tabulados

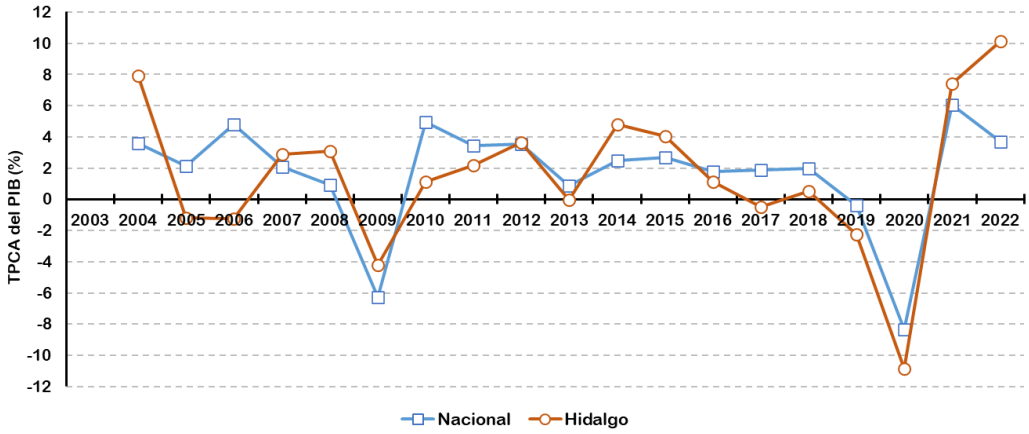
***Figura IV.99. Participación promedio por entidad federativa en la generación del PIB nacional en el 2022, con valores constantes y cifras preliminares para el 2022.***

Considerando valores constantes y 2018 como año base, el crecimiento del PIB nacional del 2003 al 2022 tuvo un comportamiento lineal con una caída en el 2009 debido, muy probablemente, al efecto de la crisis financiera y económica 2008 originada en los Estados Unidos por la crisis de las hipotecas subprime en el mercado inmobiliario. En el 2010 mostró una recuperación, la cual no fue suficiente para retomar el ritmo que traía previo a la crisis y, si bien en el 2012 y 2013 se logró su estabilización, con una caída en su TCPA en 2013, es entre el 2015 y 2016 que se empieza a querer alcanzar la tendencia que se traía previo a la crisis del 2008, lo cual se manifiesta con los datos de 2017 (Figura IV.100).

Lo antes mencionado se refleja en la tasa de crecimiento promedio anual a valores constantes entre el 2010 y el 2017, en la que tuvo un crecimiento promedio del 2.7%, igual a la lograda entre el 2003 y el 2008. La Figura IV.100 deja ver que a partir del 2008 el PIB nacional sufrió un cambio en la tendencia de su crecimiento, cayendo en el 2009 a -1.5%, la cual daba signos más alentadores para los años sucesivos. Sin embargo, la pandemia causada por el virus SARS-CoV-2, que inició en el 2019, provocó un impacto en la economía mundial, lo cual se ve reflejado igualmente en la economía nacional, generando una gran caída del PIB llegando a ser su TPCA de -8.4% para el año 2020. En los siguientes dos años, con datos preliminares para el 2022, se muestra una clara recuperación a nivel nacional del PIB.

Un comportamiento similar al nacional es el que ha tenido el PIB del estado de Hidalgo. Previo a la crisis del 2008, entre el 2003 y el 2008 el estado tuvo una caída entre el 2005 y 2006 en su TPCA del PIB, lo que le llevó a tener una TPCA anual promedio del periodo menor a la obtenida a nivel nacional (2.7% vs 2.3%) (Figura IV.100). Entre el 2010 y 2014 se tuvo un crecimiento con ligeras variaciones y una caída notable en la TCPA en 2013. A partir de 2015, la TPCA empezó a bajar hasta llegar al 2020, cuando por efecto de la pandemia del COVID se tuvo la mayor caída del periodo, siendo esta de -10.8%, mayor que la obtenida a nivel nacional. En los siguientes dos años, se ha tenido un incremento sustancia, con TPCA de 7.4 y 10.1%.



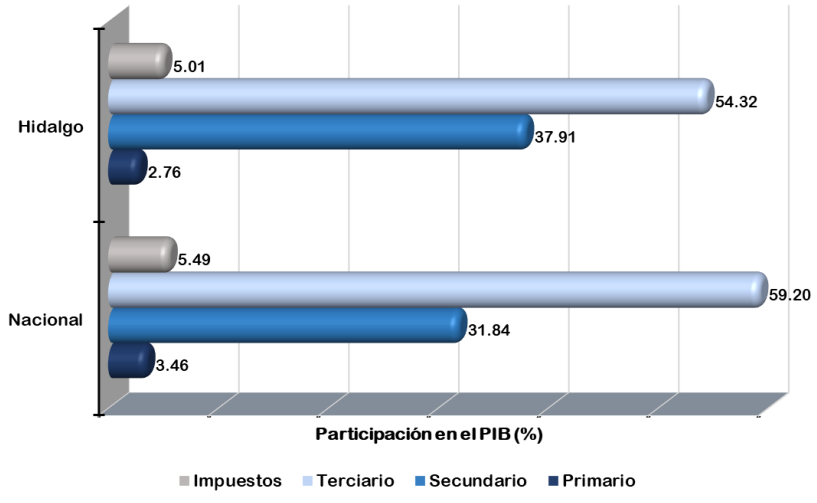



Fuente: Elaboración propia con información del INEGI, en: https://www.inegi.org.mx/programas/pibent/2018/#tabulados

***Figura IV.100. Crecimiento del PIB a valores constantes a nivel nacional y del estado de Hidalgo, y su tendencia de crecimiento, entre 2003 y 2022. Con cifras revisadas (2021) y preliminares (2022).***

Con base en la información preliminar del 2022, el sector terciario, relacionado con las actividades de comercio, comunicaciones, finanzas, salud, educación, investigación, turismo, hostelería, cultura, espectáculos y administración pública, es el que mayor aporta al PIB nacional, y significativamente menos en el estado de Hidalgo, representando el 59.20 y 54.32%, en el orden antes citado (Figura IV.101). En ambas entidades, el sector primario es el que menos aporta a su PIB, siendo mayor la contribución de este sector a nivel nacional que a nivel estatal (3.46 vs 2.76%, en el orden antes citado).

La recaudación y participación de impuestos es un componente de reciente inclusión en el análisis de la generación del PIB, como parte complementaría a la generada por los sectores económicos. En este caso, la participación de los impuestos en el PIB resultó tener una participación similar a nivel estatal y a nivel nacional (5.01 vs 5.49%).

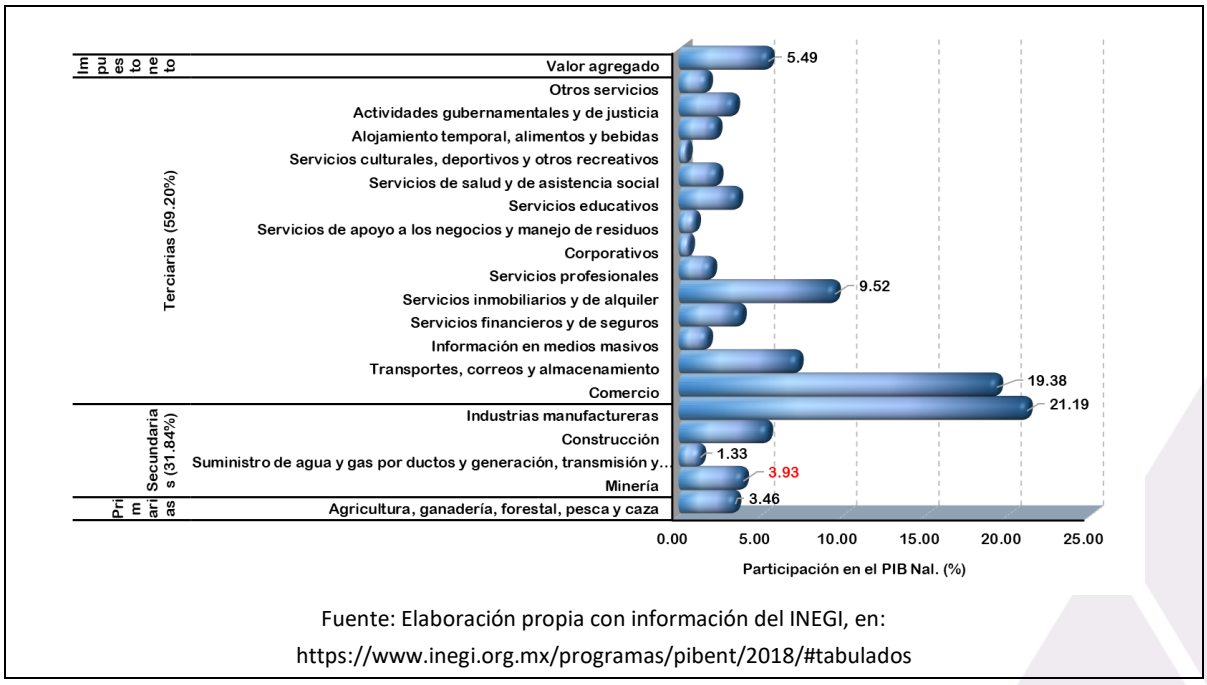



Fuente: Elaboración propia con información del INEGI, en: https://www.inegi.org.mx/programas/pibent/2018/#tabulados

***Figura IV.101. Participación de los sectores productivos en el PIB nacional y del estado de Hidalgo para el año 2022 (con información preliminar), para valores constantes.***

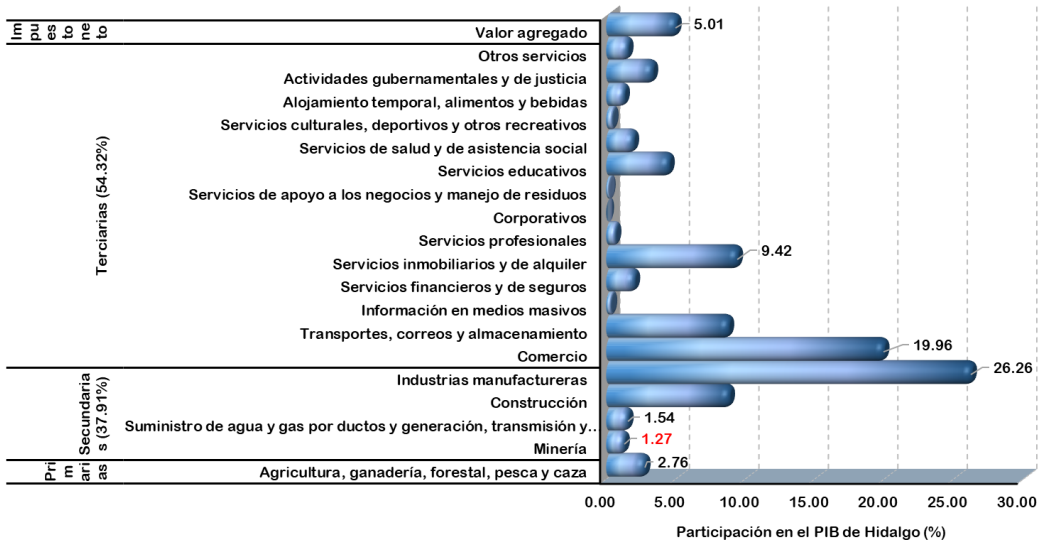
De acuerdo con información del INEGI (ver: https://www.inegi.org.mx/app/tmp/tabuladoscn/default.html?tema=PIBE), en el 2022 se encontró una participación similar de las actividades productivas en la generación de PIB a nivel nacional y estatal (Figuras IV.102 y IV.103). Mientras que a nivel nacional la industria manufacturera, el comercio y los servicios inmobiliarios y de alquiler fueron los que tuvieron una mayor participación con el 21.19, 19.38 y 9.52%, en el mismo orden. Y, a nivel estatal fueron estas mismas actividades productivas las que tuvieron mayor participación solo que con diferente participación, donde la industria manufacturera, el comercio y los servicios inmobiliarios y de alquiler tuvieron una participación que representó el 26.26, 19.96 y 9.42% del PIB total estatal, respectivamente.

Aquí hay que destacar que, el Estado es más dependiente de sus tres principales actividades productivas que lo que es el país, ya que a nivel estatal éstas representan el 55.63% del PIB total y, a nivel nacional solo el 50.08% del PIB.




Fuente: Elaboración propia con información del INEGI, en:
https://www.inegi.org.mx/programas/pibent/2018/#tabulados

***Figura IV.102. Participación de las actividades productivas, por sector, en la generación del PIB nacional para el año 2022 (con información preliminar), en valores constantes.***



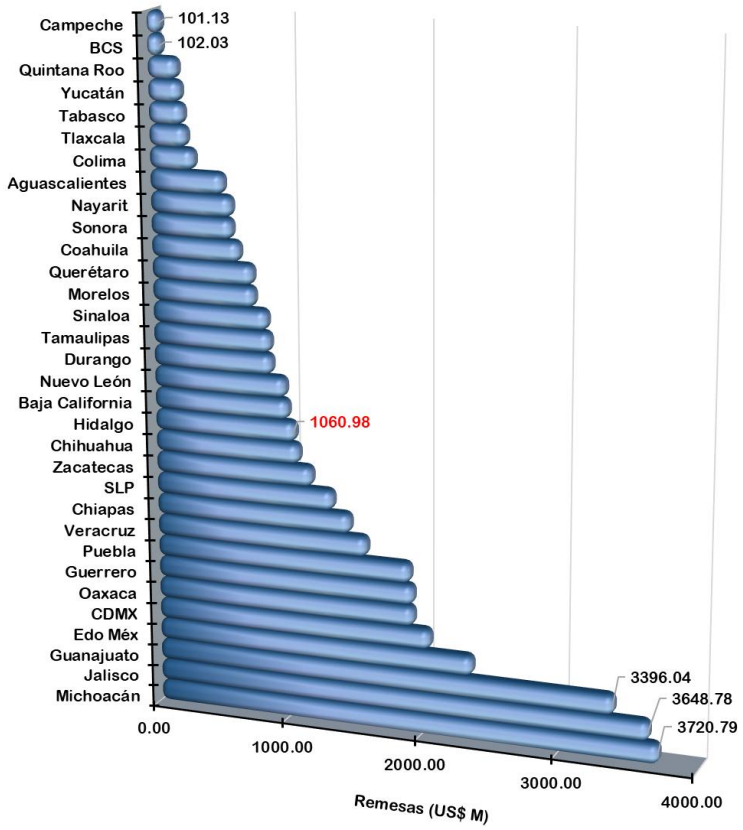

Fuente: Elaboración propia con información del INEGI, en:
https://www.inegi.org.mx/programas/pibent/2018/#tabulados

***Figura IV.103. Participación de las actividades productivas, por sector, en la generación del PIB en el estado de Hidalgo para el año 2022 (con información preliminar), en valores constantes.***

La participación de la minería, la cual incluye la minería petrolera y minería no petrolera, tiene mayor participación a nivel nacional que a nivel estatal. El sector minero a nivel nacional participa con el 3.93% del PIB, mientras que a nivel estatal solo participa con el 1.27%.

### IV.3.5.4.2. Participación de las remesas en la economía

Normalmente los ingresos netos por concepto de remesas se asocian a la economía de una región con base al nivel de inmigrantes de la población de la región misma. Si la correlación anterior fuera positiva y significativa, se esperaría que los ingresos netos de remesas de localidades con mayor número de emigrantes, como es el caso del estado de Guanajuato, Jalisco y Michoacán fueran superiores a los captados por otras entidades con menor número de población migrante. Sin embargo, esto no siempre es así, en el periodo 2014 – 2023, últimos 10 años, el estado de Guanajuato fue la entidad que registró mayor cantidad de emigrantes internacionales registrados, pero, a pesar de ello, ocupó el tercer lugar en ingresos de remesas promedio anual en el periodo indicado ($3,396.04 millones de dólares) (Figura IV.104). Caso contrario resultó ser el de los estados de Jalisco y Michoacán, quienes ocuparon los lugares 2º y 3° en número de emigrantes internacionales, respectivamente, y ocuparon los dos primeros sitios en cuanto a captación de remesas promedio anual con $3,720.79 millones de dólares promedio anual para Michoacán y $3,648.78 millones de dólares promedio anual para Jalisco, esto con información del Banco de México, en https://www.banxico.org.mx/SieInternet/consultarDirectorioInternetAction.do?accion=consultarCuadro&idCuadro=CE100&sector=1&locale=es.

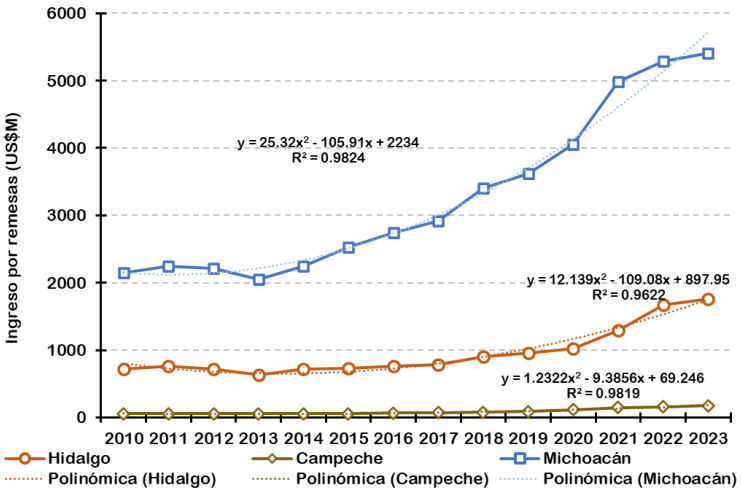


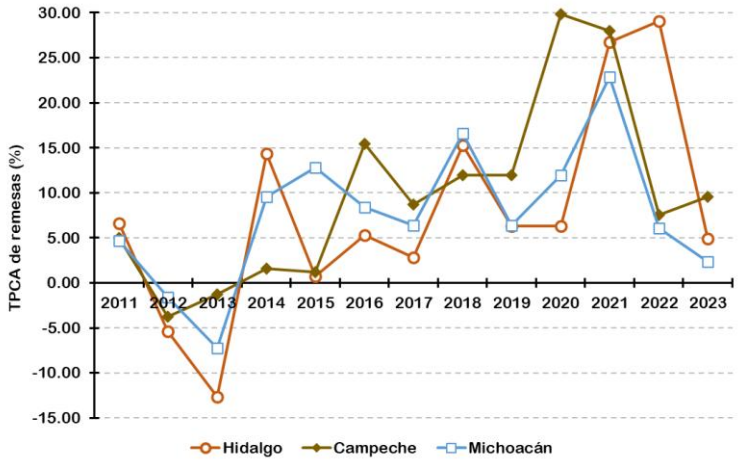

Fuente: Elaboración propia con información del BANXICO, en: http://www.banxico.org.mx/SieInternet/consultarDirectorioInternetAction.do?accion=consultarCuadro&idCuadro=CE100

***Figura IV.104. Ingreso promedio anual de remesas, por entidad federativa, en el periodo 2014 – 2023.***

Los estados de Michoacán y Jalisco, seguidos por el estado de Guanajuato, han sido entidades que históricamente han recibido grandes cantidades de remesas provenientes principalmente de los migrantes que viven en los EE. UU. En promedio, los ingresos de remesas en estos estados representan el 9.58% y el 9.40% de los ingresos totales de remesas al país, esto en el periodo 2014 – 2023. El estado de Hidalgo, con su baja población de migrantes internacionales, resulta ser de los estados que menos recursos capta por esta vía, representando solo el 2.73% de las remesas promedio captadas a nivel nacional, no obstante, es 2.47% superior a lo que ingresa el estado de Campeche, el de menor ingresos de remesas.

Los ingresos han venido incrementando de manera paulatina, siendo más significativo el ritmo de crecimiento en el estado de Michoacán, teniendo un comportamiento de tipo cuadrático, los que a partir de 2014 se han incrementado de manera constante, con ligeras variaciones después de sufrir una caída entre el 2011 y el 2013, a un ritmo promedio de 10.34% (Figura IV.105). El comportamiento de las remesas en el estado de Hidalgo en los últimos 10 años ha tenido una TPCA similar a la del estado de Michoacán, siendo esta de 11.17%, con alto grado de variación entre años, mostrando mayor estabilidad su crecimiento en los dos últimos años, cuando el estado de Campeche tiene una caída similar a la de estado de Michoacán.



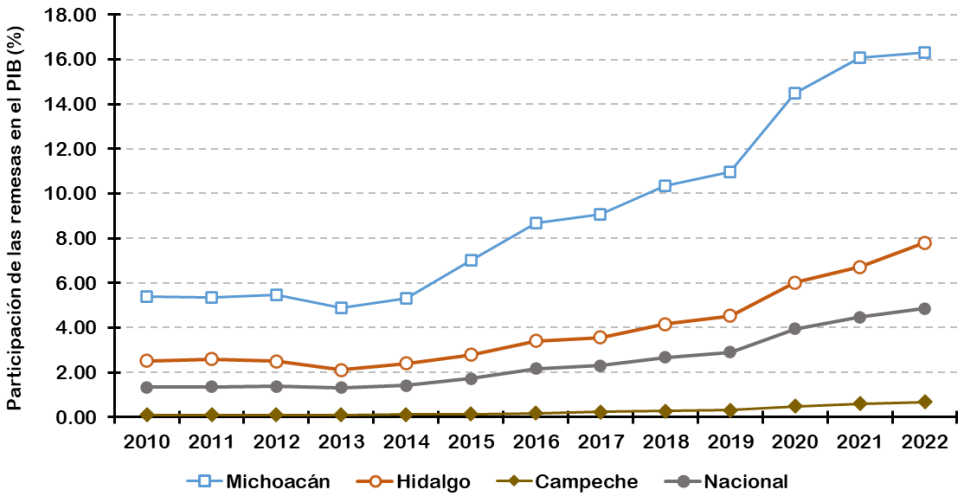

Fuente: Elaboración propia con información del BANXICO, en: http://www.banxico.org.mx/SieInternet/consultarDirectorioInternetAction.do?accion=consultarCuadro&idCuadro=CE100.

***Figura IV.105. Comportamiento de los ingresos por de remesas en el estado de Hidalgo y las dos entidades federales con mayor y menor cantidad de ingresos por remesas en el periodo 2010 – 2023.***

Las remesas tienen una gran importancia en la economía nacional, sin embargo, de acuerdo con Fernández y del Carpio (2014), éstas tienen un mayor impacto a nivel regional, estatal y local. A la proporción de remesas respecto al PIB de las entidades se le conoce como "indicador de dependencia de remesas" y, en este rubro, el país tuvo un indicador promedio de 2.78% para el periodo del 2013 al 2022, con un rango que va del 1.31 al 4.85% (Figura IV.106). El estado de Michoacán, el de mayor ingreso de remesas, resultó con un indicador de dependencia de remesas del 10.32%, lo que significa que este estado tiene una fuerte inyección de recursos provenientes de los migrantes internacionales. Por otro lado, es notorio el incremento en la dependencia a las remesas en el estado de Michoacán a partir del 2013, el cual alcanzó un valor del 16.31% en el 2022.

Por el contrario, el estado de Campeche, el de menores ingresos de remesas a nivel nacional, resultó con un indicador de dependencia de remesas del 0.31% para el periodo 2013 – 2022. Este valor significa que la economía del estado no es dependiente del dinero enviado por los migrantes a sus familias.

En este rubro, el indicador de la dependencia a las remesas mostrado por el estado de Hidalgo es mayor al mostrado a nivel nacional y que el del estado de campeche, pero menor al del estado de Michoacán, siendo en promedio de 4.35% contra el 2.78%, 0.31% y 10.32% (Figura IV.106). El estado de Hidalgo ha tenido un comportamiento en su ritmo de crecimiento muy similar al nacional desde el 2013 y hasta el 2022, con poca diferencia entre indicadores.




Fuente: Elaboración propia con información del BANXICO, en: https://www.banxico.org.mx/SieInternet/consultarDirectorioInternetAction.do?accion=consultarCuadro&idCuadro=CE100&sector=1&locale=es.

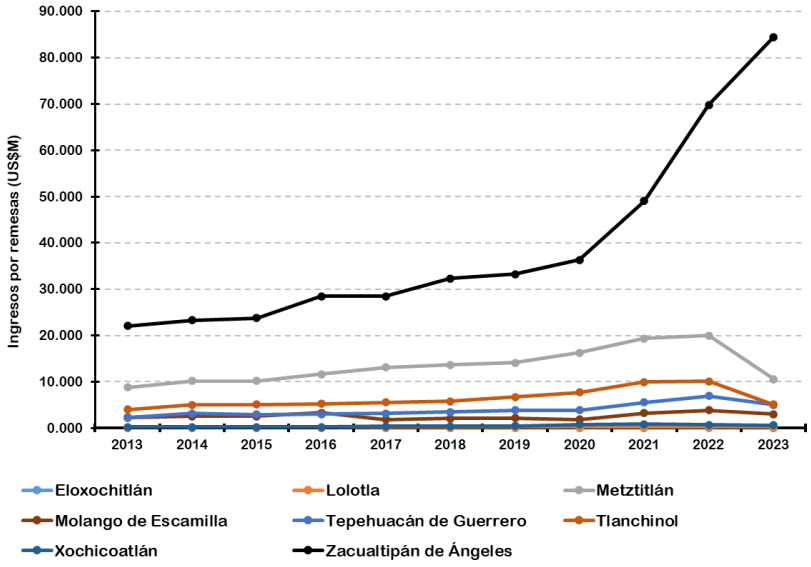
*Figura IV.106. Indicador de dependencia de remesas (remesas recibidas como porcentaje del PIB) para el periodo 2010 – 2022 en las entidades seleccionadas.*

De acuerdo con la información presentada por BANXICO (ver: https://www.banxico.org.mx/SieInternet/consultarDirectorioInternetAction.do?sector=1&accion=consultarCuadro&idCuadro=CE166&locale=es), los ingresos por remesas a nivel municipal han sido mayores en municipios del estado que no forman parte en la integración del SAR, como Ixmiquilpan que participa con el 13.061% de los ingresos promedio de remesas entre el 2014 y 2023, seguido por los municipios de Tulancingo de Bravo y Pachuca de Soto con el 12.798 y 10.285%, respectivamente.

El municipio de Zacualtipán de Ángeles es de los ocho inmersos en el SAR el que tiene mayor participación en los ingresos de remesas estatales, logrando el 3.759% de los ingresos totales promedio. A este municipio le siguen Metztitlán y Tlanchinol quienes participaron con el 0.609 y 0.376%, respectivamente. Eloxochtilán, Lolotla y Xochicoatlán son los municipios que forman parte del SAR que menores remesas captan, representando el 0.002, 0.003 y 0.046% de los ingresos totales promedio del periodo 2014 – 2023.

Entre los ocho municipios que forman parte parcialmente del SAR se tiene un comportamiento extremo en el ingreso de remesas (Figura IV.107). Por un lado, se tiene el municipio de Zacualtipán de Ángeles que tiene altos ingresos de remesas los cuales han ido de US$22.035 millones en el 2013 a los US$84.495 millones en el 2023, los cuales han tenido un notable incremento entre el 2020 y el 2023 (Tabla IV.54). En los últimos 10 años, sus ingresos muestran una TPCA del 15.16% en promedio, descartada por las TPCA de los últimos cuatro años.

Por otro lado, el municipio de Eloxochitlán no reportó ingresos entre el 2013 y 2018, es hasta el 2019 que se reporta un ingreso de remesas por un monto de US$0.016 millones, alcanzando el mayor monto en el 2021 de US$0.113 millones. Lolotla y Xochicoatlán son otros municipios que no han tenido ingresos de remesas significativos, los cuales no han rebasado el US$1.00 millón en ningún año.




Fuente: Elaboración propia con información del BANXICO, en: https://www.banxico.org.mx/SieInternet/consultarDirectorioInternetAction.do?sector=1&accion=consultarCuadro&idCuadro=CE166&locale=es

***Figura IV.107. Comportamiento de los ingresos por de remesas en los municipios que forman parte del SAR del proyecto en el estado de Hidalgo para el periodo 2013 – 2023.***

***Tabla IV.54. Ingresos de remesas (US$M) a nivel municipal y estatal en el periodo 2013 – 2023[§].***

| Entidad | 2013 | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 | 2023 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Hidalgo | 653.465 | 744.625 | 748.303 | 785.210 | 858.920 | 932.479 | 988.844 | 1056.997 | 1325.399 | 1692.523 | 1754.777 |
| Eloxochitlán | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.016 | 0.010 | 0.113 | 0.096 | 0.031 |
| Lolotla | 0.000 | 0.000 | 0.004 | 0.010 | 0.004 | 0.008 | 0.036 | 0.015 | 0.079 | 0.187 | 0.001 |
| Metztitlán | 8.790 | 10.182 | 10.148 | 11.627 | 13.122 | 13.691 | 14.090 | 16.283 | 19.344 | 19.955 | 10.561 |
| Molango de Escamilla | 2.299 | 2.542 | 2.524 | 3.285 | 1.839 | 2.078 | 2.169 | 1.823 | 3.242 | 3.837 | 2.979 |
| Tepehuacán de Guerrero | 2.209 | 3.135 | 2.907 | 3.036 | 3.168 | 3.443 | 3.870 | 3.858 | 5.572 | 6.959 | 5.033 |
| Tlanchinol | 4.040 | 5.045 | 5.073 | 5.214 | 5.520 | 5.825 | 6.719 | 7.754 | 9.927 | 10.101 | 5.091 |
| Xochicoatlán | 0.223 | 0.233 | 0.252 | 0.260 | 0.353 | 0.407 | 0.476 | 0.811 | 0.833 | 0.733 | 0.609 |
| Zacualtipán de Ángeles | 22.035 | 23.323 | 23.754 | 28.472 | 28.477 | 32.348 | 33.235 | 36.344 | 49.056 | 69.775 | 84.495 |

§ Fuente: Elaborado con información de Banxico, en: https://www.banxico.org.mx/SieInternet/consultarDirectorioInternetAction.do?sector=1&accion=consultarCuadro&idCuadro=CE166&locale=es

A nivel del ingreso familiar, las remesas tienen una relevante participación en su capitalización. Según lo mencionado por Salas (2009), hay autores que consideran que los ingresos a través de las remesas ayudan a separar y a hacer más grande la brecha de pobreza en los hogares del medio rural, debido a que las familias que reciben remesas diversifican e incrementan sus ingresos económicos. Sin embargo, también se debe de tomar en cuenta que estos ingresos provenientes del trabajo en el extranjero llegan indirectamente a las familias que no tienen familiares en el extranjero.

De acuerdo con el autor arriba citado, las remesas llegaron a representar un 37.5% de los ingresos en aquellos hogares que reciben remesas, siguiéndoles los ingresos obtenidos por salarios (33.6%) y, en tercer sitio se ubicaron los ingresos por el valor de las cosechas. Por el contrario, en los hogares que no reciben remesas los ingresos por salarios recibidos representaron el 79.3% del ingreso familiar, siguiéndole muy por debajo los ingresos por renta empresarial (6.8%). En este mismo estudio, el autor encontró que las remesas son ampliamente invertidas en la construcción y remodelación de casas y en la adquisición de automotores.

Relacionando los ingresos de remesas en los años 2015 y 2020 con los resultados de conteo y censo de población se obtiene el ingreso per cápita. A nivel estatal, el ingreso de remesas en el 2015 representó un ingreso de US$261.79 por habitante, el cual incrementó a US$342.86 por habitante para el 2020 (Tabla IV.55).

Los municipios de Zacualtipán de Ángeles y Metztitlán tuvieron ingresos per cápita mayores a los obtenidos a nivel estatal. En el municipio de Zacualtipán se lograron ingresos per cápita de US$684.16 y US$952.54 para los años 2015 y 2020, respectivamente. Y, en el municipio de Metztitlán los ingresos obtenidos fueron US$504.58 y US$776.78 por habitante en los mismos años.

Los municipios de Eloxochitlán y Lolotla, los de menor ingreso de remesas per cápita, no se alcanzó un ingreso de US$5.00 por habitante. En el caso de Eloxochitlán en el 2015 no se reportó ingreso de remesas y para el 2020 apenas se alcanzó un ingreso de US$4.02 por habitante. En el municipio de Lolotla se tuvieron ingresos de remesas en ambos años, pero estos apenas fueron de US$0.37 y US$1.63 por habitante en el 2015 y 2020, respectivamente.

El ingreso promedio de remesas por habitante en los ocho municipios fue de US$207.72 en el 2015 y de US$292.14 en el 2020; sin embargo, hablar de ingreso promedio por habitante en los ocho municipios del SAR no tiene gran representatividad cuando se tiene una gran variación en el ingreso entre municipios.

*Tabla IV.55. Ingreso per cápita de remesas a nivel municipal y estatal para los años 2015 y 2020.*

| Entidad | Ingresos remesas (US$) § | | Población (Hab) §§ | | Ingreso per cápita (US$ hab$^{-1}$) | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | 2015 | 2020 | 2015 | 2020 | 2015 | 2020 |
| Hidalgo | 748’303,031 | 1,056’996,646 | 2’858,359 | 3’082,841 | 261.79 | 342.86 |
| Eloxochitlán | 0 | 10,416 | 2,667 | 2,593 | 0.00 | 4.02 |
| Lolotla | 3,502 | 15,431 | 9,461 | 9,474 | 0.37 | 1.63 |
| Metztitlán | 10’147,639 | 16’282,777 | 20,111 | 20,962 | 504.58 | 776.78 |
| Molango de Escamilla | 2’524,261 | 1’823,330 | 11,587 | 11,578 | 217.85 | 157.48 |
| Tepehuacán de Guerrero | 2’907,272 | 3’857,726 | 30,750 | 31,235 | 94.55 | 123.51 |
| Tlanchinol | 5’073,210 | 7’754,076 | 39,772 | 37,722 | 127.56 | 205.56 |
| Xochicoatlán | 252,219 | 810,970 | 7,706 | 7,015 | 32.73 | 115.61 |

| Entidad | Ingresos remesas (US$) § | | Población (Hab) §§ | | Ingreso per cápita (US$ hab$^{-1}$) | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | 2015 | 2020 | 2015 | 2020 | 2015 | 2020 |
| Zacualtipán de Ángeles | 23’754,042 | 36’344,246 | 34,720 | 38,155 | 684.16 | 952.54 |

§ Remesas estimadas con base Banxico, en: https://www.banxico.org.mx/SieInternet/consultarDirectorioInternetAction.do?sector=1&accion=consultarCuadro&idCuadro=CE166&locale=es.

§§ Conteo de población de 2015, en: https://www.inegi.org.mx/programas/intercensal/2015/default.html#Tabulados, y censo de población y vivienda de 2020 en: https://www.inegi.org.mx/programas/ccpv/2020/

### IV.3.5.5. Educación

La Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OECD, por sus siglas en inglés) anualmente presenta los resultados de su evaluación del desempeño de los sistemas educativos de los países miembros y los asociados. México, como país miembro de la Organización, es monitoreado y evaluado en su desempeño considerando los grandes temas: logro educativo, competencias y participación en el mercado laboral; equidad en la educación y el mercado laboral; financiamiento de la educación; la profesión docente; educación superior y posgrado (terciaria), y la educación de preescolar a media superior.

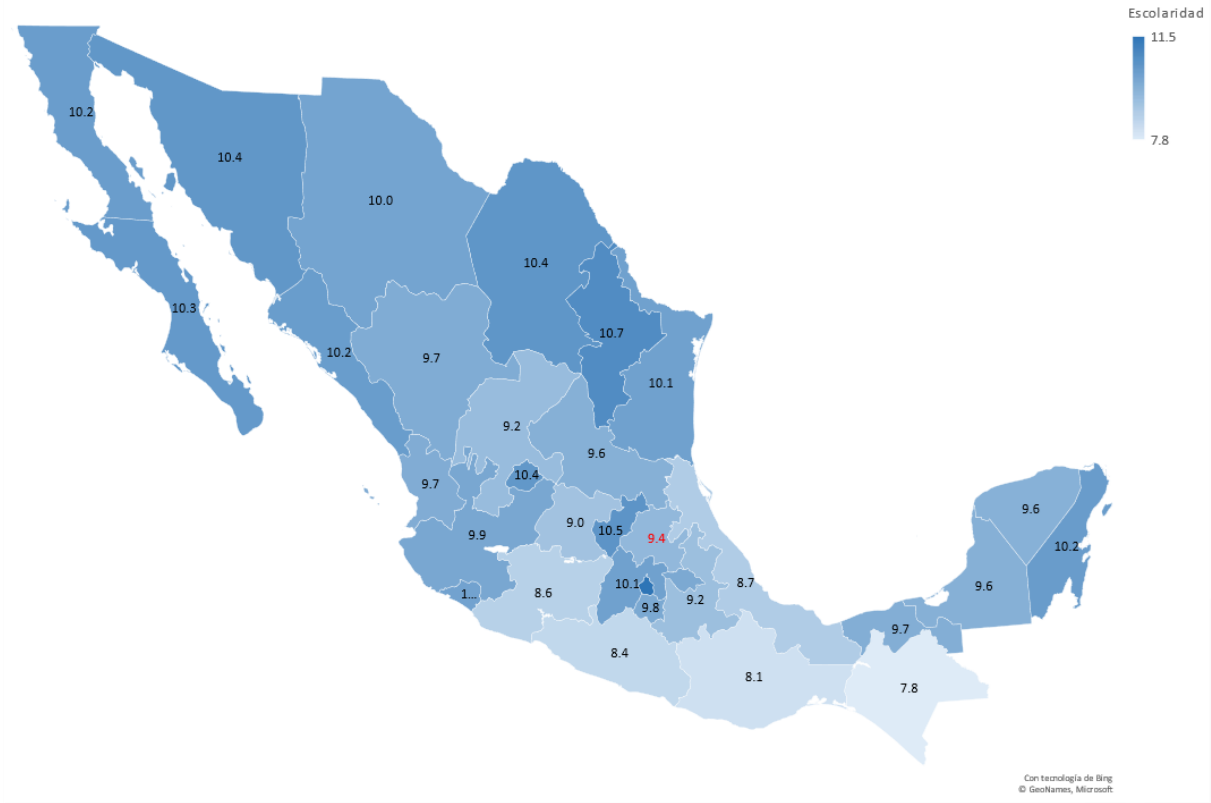
Respecto a los temas relacionados con el logro educativo y de la educación preescolar a la educación media superior y educación terciaria, México ha mostrado un significativo avance, pero sin llegar al nivel promedio de los países miembros de la OECD ni de los países miembros de la Comunidad Económica Europea considerados (EU, por sus siglas en inglés). De 1997 al 2008, la población mexicana con estudios por debajo de la secundaria tuvo una tasa promedio anual de crecimiento de la población de -0.8%, con estudios superiores a los de secundaria (pero sin llegar a superior) del 1.9% y con educación superior del 1.8%; cuando el promedio de los países miembros de la OECD fue del -3.2, 0.8 y 3.4%, en el mismo orden (OECD, 2010).

Para el año 2019, la OECD (2021) reporta que de la población mexicana de adultos que habían ido a la escuela, 10% no terminaron la primaria, 15% tenían nada más la primaria, 27% habían completado hasta la secundaria, 22% habían logrado estudios superiores a la secundaria sin llegar a estudios superiores, 17% alcanzaron estudios superiores, solo 2% con estudios de maestría y el porcentaje restante corresponde a otros niveles. Comparando con el promedio de los países de la OECD se tienen valores del 2, 5, 14, 37, 18, 14 y 1%, para los rubros antes citados, en el mismo orden. El porcentaje de las personas de 25 a 34 años con educación superior aumentó 8% entre 2010 y 2020 (de 17% a 25%), en tanto que el promedio en los países de la OECD aumentó en 7 puntos porcentuales (de 32% a 39%).

De lo anterior se puede ver que, si bien a nivel nacional se han tenido avances en temas educativos, aún se tienen rezagos, entre los que sobresale la alta proporción de la población que no tiene mínimamente estudios de primaria, así como la baja proporción de habitantes con nivel de maestría.

De acuerdo con los resultados obtenidos en el censo de población y vivienda realizado por el INEGI en el año 2020 (ver: https://www.inegi.org.mx/programas/ccpv/2020/#Tabulados), a nivel nacional se obtuvo un nivel de escolaridad de 9.7 años promedio, considerando la población total mayor de 15 años. En este análisis, el estado de Hidalgo se encuentra en la parte media de escolaridad entre las entidades del país, con un nivel de 9.4 años lectivos entre su población, el decimotercero entre las entidades del país con mayor nivel de escolaridad (Figura IV.108).

En esta variable educativa, la Ciudad de México, Nuevo León y Querétaro son las entidades federales que resultaron mejor evaluadas con 11.5, 10.7 y 10.5 años lectivos. Por el contrario, las entidades con peores resultados son los estados de Chiapas, Oaxaca y Guerrero quienes tienen los menores niveles con solo 7.8, 8.1 y 8.4 años lectivos entre su población mayor de 15 años, respectivamente.

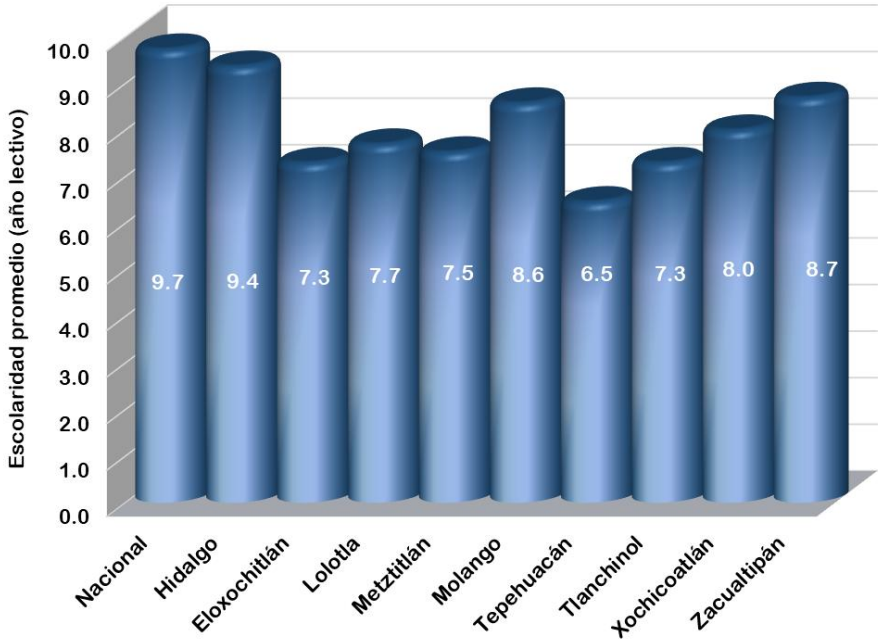



Fuente: Elaboración propia con información del INEGI, en: https://www.inegi.org.mx/programas/ccpv/2020/#Tabulados

***Figura IV.108. Grado promedio de escolaridad de la población estatal mayor a 15 años de acuerdo con la información del censo de población y vivienda del 2020 realizado por el INEGI.***

De acuerdo con los resultados del censo de población y vivienda efectuado por el INEGI en el 2020 (ver: https://planeacion.sep.gob.mx/Doc/Atlas_estados/hidalgo.pdf), el municipio de Zacualtipán de Ángeles es el que tiene el mayor grado de escolaridad de los ocho municipios que forman parte de la conformación del polígono del SAR con solo 8.7 años lectivos, mientras que el municipio de Tepehuacán de Guerrero tiene el más bajo con 6.5 grados (Figura IV.109).

Sin duda que el grado de escolaridad en los ocho municipios no son nada alentadores, ya que todos tienen un grado de escolaridad menor al promedio estatal, incluso cinco municipios están por debajo del grado de escolaridad del estado de Chiapas (7.8 años lectivos). Los municipios que tienen un grado de escolaridad menor de 7.8 son: Tepehuacán de Guerrero (6.5), Eloxochitlán (7.3), Tlanchinol (7.3), Metztitlán (7.5) y Lolotla (7.7).



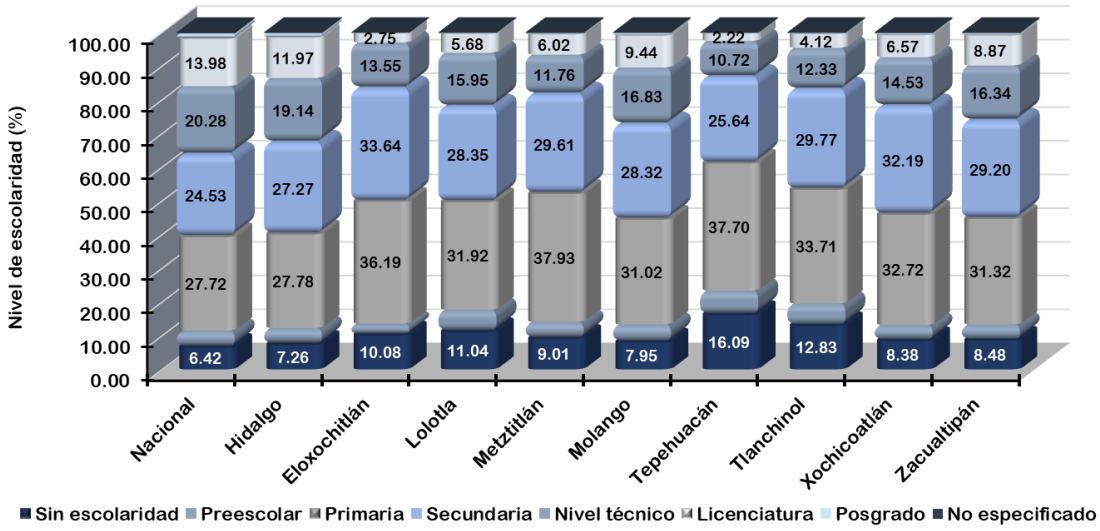

Fuente: Elaboración propia con información del INEGI, en: https://planeacion.sep.gob.mx/Doc/Atlas_estados/hidalgo.pdf

***Figura IV.109. Nivel promedio de escolaridad de la población nacional, estatal y en los municipios inmersos en SAR mayor a 15 años de acuerdo con la información intercensal presentada por el INEGI para el 2020.***

De acuerdo con la información del INEGI (ver: https://www.inegi.org.mx/programas/ccpv/2020/), la escolaridad de la población del estado de Hidalgo tiene una distribución un tanto similar a la nacional, a nivel estatal se tiene 7.26% de los habitantes mayores de 15 años sin escolaridad, cuando a nivel nacional se alcanza un 6.42% (Figura IV.110). A nivel estatal el 4.98% de la población cuenta con nivel preescolar, 27.78% con primaria, 27.27% con secundaria y 19.14% con nivel técnico, a nivel nacional estos valores son del 5.09, 27.72, 24.53 y 20.28%, en el orden antes citado, es decir, valores muy similares.

En el caso de los municipios, resaltan los resultados de Tepehuacán de Guerrero, Tlanchinol, Lolotla, Eloxoxhitlán y Metztitlán por su alta proporción poblacional sin escolaridad, la es de 16.09, 12.83, 11.04, 10.08 y 9.01%, en el orden antes citado. Además de su alta proporción poblacional sin escolaridad de estos municipios, se tiene una alta proporción poblacional con primaria, la cual va de 37.93% de Metztitlán a 31.92% de Lolotla.

Por lo contrario, la población con licenciatura y posgrado es muy baja con respecto a los valores obtenidos a nivel nacional y estatal. Mientras a nivel estatal, el 11.97% cuenta con licenciatura, Tepehuacán de Guerrero y Eloxochitlán solo el 2.22% y 2.75% tienen este nivel académico, siendo Metztitlán el mejor de los cinco municipios con menor escolaridad en este rubro con el 6.02%. Ninguno de los ocho municipios rebasa el 1% de su población con posgrado, siendo Molango el que presenta el valor más alto con el 0.86%, contra el 1.40% logrado a nivel estatal.




Fuente: Elaboración propia con información del INEGI, en: https://www.inegi.org.mx/programas/ccpv/2020/

***Figura IV.110. Distribución del nivel de escolaridad de la población mayor de 15 años a nacional, estatal y de los municipios inmersos en SAR de acuerdo con la información intercensal presentada por el INEGI para el censo del 2020.***

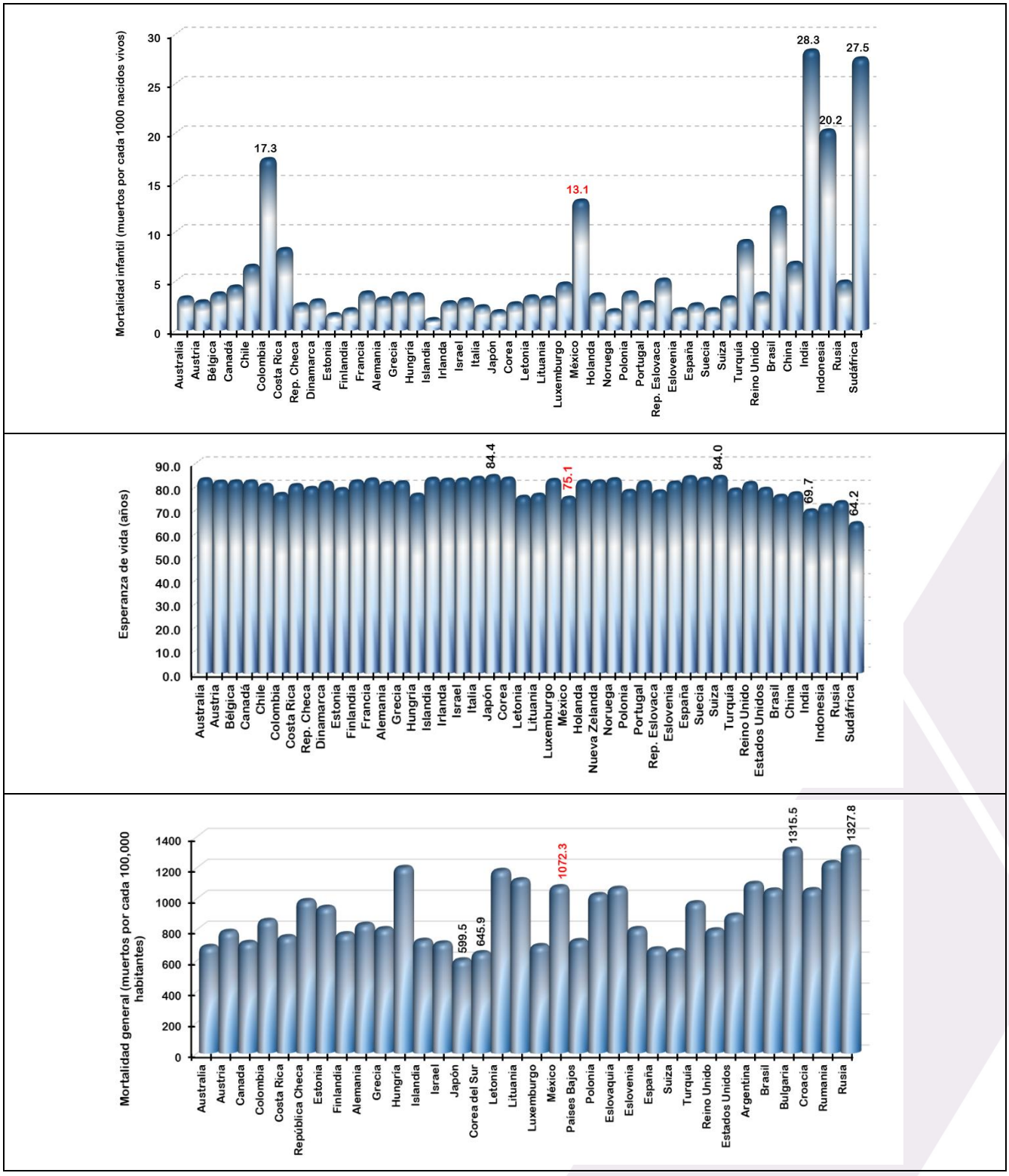
### IV.3.5.6. Salud

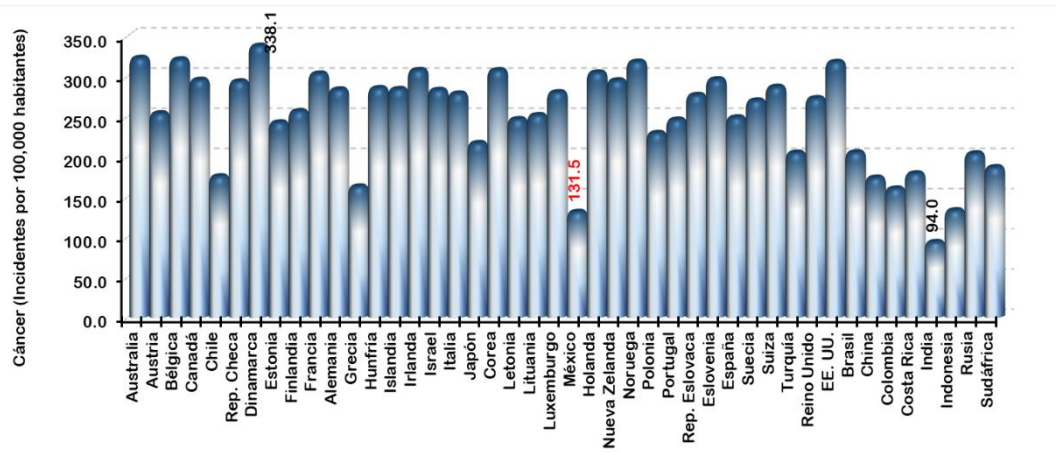
Todas las poblaciones de seres vivos tienen como característica que son dinámicas, cada una con sus limitaciones, patrones, problemáticas y objetivos específicos. Debido a esta característica, se espera que para el año 2030 el 60% de la población humana a nivel mundial viva en zonas urbanas, cuando en el 2000 ésta representaba el 47% (UN, 2006). En México este recambio poblacional ha sido más rápido ya que para el 2020 la población rural representaba solamente el 19.27%, cuando a nivel mundial esta era del 43.83% de la total, según cifras estimadas de la FAO (FAOSTAT, 2023). Sin embargo, hay que reconocer la diferencia entre la información de la FAO y del INEGI donde la de la FAO representa una población mayor de pobladores totales a los reportados por el INEGI en sus censos directos e intercensales.

El movimiento poblacional no planeado trae como consecuencia el crecimiento urbano desordenado y, muchas veces, con problemas de hacinamiento y falta de servicios públicos básicos impactando la salud de la población (Soto-Estrada et al., 2016). Ante este tipo de fenómenos, es prioritario diseñar e implementar programas y medidas sanitarias que ayuden a mitigar la morbilidad y mortalidad en la población. En este rubro, México ha tenido un gran progreso, sin embargo, aún faltan cosas por hacer como se ve cuando se analizan y comparan indicadores como esperanza de vida al nacer, esperanza de vida a los 65 años, tasa de mortalidad infantil y muertes por cáncer con respecto a otros países.

De acuerdo con información de la OECD, disponible en su página de internet https://stats.oecd.org/Index.aspx?DatasetCode=HEALTH_STAT, en el 2019 México ocupó el 5° lugar en lo que respecta a mayor mortalidad infantil entre los 40 de los 44 países miembros y en adhesión de la OECD que reportaron esta variable, con 13.1 muertos por cada 1,000 nacidos vivos, y ocupando el quinto lugar con la esperanza de vida más baja con 75.1 años contra 84.4 años de Japón y, en el 2019 tuvo el 8° con mayor mortalidad de 34 evaluados, último año en que se tiene un reporte más completo de esta variable (Figura IV.111). Pero, por

otro lado, en el 2012 (último año de reporte) ocupó el segundo lugar en la menor incidencia de cáncer maligno entre su población, solo superado por la India, (131.5 vs 94.0 casos por cada 100,000 habitantes).

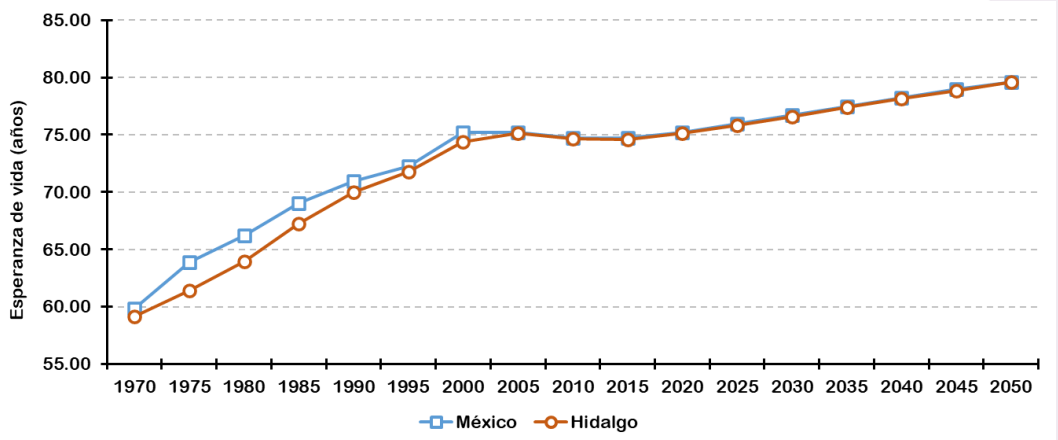





Fuente: Elaboración propia con información de la OECD, en: https://stats.oecd.org/Index.aspx?DatasetCode=HEALTH_STAT

***Figura IV.111. Comparación de los indicadores tasa de mortalidad infantil, esperanza de vida y mortalidad general en el 2019, y cáncer maligno en el 2012, en países miembros de la OECD y en adhesión.***

La esperanza de vida es uno de los indicadores que ha tenido un cambio significativo con la posibilidad de vivir el doble de años las personas que nacen actualmente con respecto a las de 1930, cuando la esperanza de vida era de 36.9 años (Soto-Estrada et al., 2016). El comportamiento de la esperanza de vida para la población de Hidalgo es similar al observado, y proyectado, a nivel nacional según lo muestran las proyecciones de la Secretaría de Salud en su liga en http://sinaiscap.salud.gob.mx:8080/DGIS/. La esperanza de vida tuvo mayor incremento de 1970 al 2000, después, las proyecciones del 2015 al 2050 prevén que se tenga un incremento menos significativo, pero constante (Figura IV.112). La esperanza de vida incrementó en 15.37 años a nivel nacional entre 1970 y el 2000, mientras que para el estado de Hidalgo fue de 15.28 años. Y, la proyección es que a nivel nacional solo se incrementen 4.91 del 2015 al 2050, valor muy similar esperado el estado de Hidalgo con 4.98 años.




Fuente: Elaboración propia con información de la Secretaría de salud, en: http://sinaiscap.salud.gob.mx:8080/DGIS/

***Figura IV.112. Esperanza de vida al nacer en el estado de Hidalgo y a nivel nacional de 1970 al 2050, con proyección del 2013.***

Por otro lado, Soto-Estrada et al. (2016), refirieron que el incremento y dinámica poblacional, más los cambios en hábitos originados por drivers sociales y económicos, en los que se puede incluir mayor poder adquisitivo y cambio en los hábitos de consumo, las causas de muerte se han modificado y actualmente las enfermedades crónicas ocupan los primeros lugares. Por lo que, el gobierno ha tenido que implementar programas y campañas para mejorar las condiciones sanitarias de la población, así como en la aplicación de programas específicos de salud, entre los que se pueden mencionar el Programa Ampliado de Inmunizaciones (PAI), el Programa de Vacunación Universal (PVU), los Programas Nacionales de Control de las Enfermedades Diarreicas, de las Infecciones Respiratorias Agudas y, más recientemente, la campaña de vacunación contra influenza y COVID-19.

A nivel nacional, en 1922 las primeras causas de mortalidad correspondían a enfermedades infecciosas o transmisibles, patrón que se conservó hasta los años cincuenta (Soto-Estrada et al., 2016). Es a partir de 1970 que se observó ya un claro patrón en las causas de muerte en el que las enfermedades crónicas o no transmisibles comenzaron a posicionarse en los primeros lugares, entre éstas: enfermedades del corazón, enfermedades perinatales y tumores malignos, situación que ocurre hasta la fecha. A partir del año 2000 la diabetes mellitus se convirtió en la principal causa de muerte en los mexicanos, seguida de enfermedades isquémicas del corazón, enfermedades del hígado y tumores malignos (Soto-Estrada et al., 2016).

De acuerdo con información de la Secretaría de Salud (ver: http://www.epidemiologia.salud.gob.mx/anuario/html/morbilidad_nacional.html), en 2023 las enfermedades infecciosas respiratorias, infecciones intestinales y urinarias fueron las principales causas de enfermedad a nivel nacional, con el 51.12, 11.10 y 9.82% de los casos, respectivamente (Tabla IV.56). Mientras que, por otro lado, en el estado de Hidalgo las infecciones respiratorias también ocuparon el primer lugar con el 59.54% de los casos, sin embargo, entre segundo y tercer lugar se invirtió el orden con respecto al nacional, ocupando el segundo lugar las infecciones urinarias con 9.16% y las intestinales el tercero con 6.84% de los casos. Así se tiene que, en las dos entidades, las infecciones respiratorias fueron, por mucho, las principales causantes de enfermedades.

Incluyendo a las enfermedades infecciosas, el estado de Hidalgo coincide con 17 enfermedades de las primeras 20 que tienen mayor incidencia a nivel nacional. De las que se tienen en el país que no están entre las primeras 20 del estado de Hidalgo están la intoxicación por picaduras de alacrán, faringitis y amigdalitis y neumonía y bronconeumonía. Mientras que, de las 20 principales presentes en el estado, pero que no están entre las primeras 20 a nivel nacional están la violencia intrafamiliar, amebiasis intestinal y mordeduras de perro.

***Tabla IV.56. Veinte principales causas de enfermedades en el 2023, y número de casos, a nivel nacional y en el estado de Hidalgo[§].***

| Padecimiento | Nacional | | Hidalgo | |
|---|---|---|---|---|
| | Casos (No.) | Proporción (%) | Casos (No.) | Proporción (%) |
| Infecciones respiratorias | 17’856,394 | 51.12 | 522,390 | 59.54 |
| Infecciones intestinales | 3’878,561 | 11.10 | 60,009 | 6.84 |
| Infecciones vías urinarias | 3’431,865 | 9.82 | 80,357 | 9.16 |
| Gingivitis y enfermedades periodontales | 1’047,257 | 3.00 | 26,338 | 3.00 |
| Úlceras gástricas y duodenitis | 980,967 | 2.81 | 31,882 | 3.63 |

| Padecimiento | Nacional | | Hidalgo | |
|---|---|---|---|---|
| | Casos (No.) | Proporción (%) | Casos (No.) | Proporción (%) |
| Conjuntivitis | 818,436 | 2.34 | 21,912 | 2.50 |
| Obesidad | 783,207 | 2.24 | 11,385 | 1.30 |
| Hipertensión arterial | 609,070 | 1.74 | 10,030 | 1.14 |
| Otitis media aguda | 550,381 | 1.58 | 14,843 | 1.69 |
| Vulvovaginitis | 526,716 | 1.51 | 19,201 | 2.19 |
| Diabetes mellitus no insulinodependiente (Tipo II) | 516,106 | 1.48 | 9,553 | 1.09 |
| COVID-19 | 428,212 | 1.23 | 9,469 | 1.08 |
| Intoxicación por picadura de alacrán | 313,156 | 0.90 | --- | --- |
| Faringitis y amigdalitis | 259,301 | 0.74 | --- | --- |
| Insuficiencia venosa periférica | 219,337 | 0.63 | 5,087 | 0.58 |
| Accidentes de transporte | 213,744 | 0.61 | 3,746 | 0.43 |
| Depresión | 155,798 | 0.45 | 3,425 | 0.39 |
| Asma | 155,257 | 0.44 | 2,757 | 0.31 |
| Hiperplasia de la próstata | 133,539 | 0.38 | 2,672 | 0.30 |
| Neumonía y bronconeumonías | 132,483 | 0.38 | --- | --- |
| Violencia intrafamiliar | --- | --- | 6,414 | 0.73 |
| Mordedura de perro | --- | --- | 4,296 | 0.49 |
| Amebiasis intestinal | --- | --- | 2,826 | 0.32 |
| Otras causas | 1’922,134 | 5.50 | 28,714 | 3.27 |
| **Total** | **34’931,921** | **100.00** | **877,306** | **100.00** |

§ Elaboración propia con información de la Secretaría de Salud, en: http://www.epidemiologia.salud.gob.mx/anuario/html/morbilidad_nacional.html y http://www.epidemiologia.salud.gob.mx/anuario/html/morbilidad_estatal.html

A) Factores ambientales asociados a la salud poblacional

Prüss-Üstün y Corvalán (2006) encontraron que, en general y a nivel global, factores ambientales fueron causantes de 24% de la carga de morbilidad (expresada en años de vida sana perdidos) y del 23% de los fallecimientos; pero este valor baja a 17% cuando se trata solo de países en desarrollo. La Organización Mundial de la Salud estimó, con base en información del 2012, que a nivel mundial murieron 12.6 millones por vivir o trabajar en ambientes poco saludables (consultada en: https://www.who.int/es/news/item/15-03-2016-an-estimated-12-6-million-deaths-each-year-are-attributable-to-unhealthy-environments).

Las 10 principales causas de muerte referidas por la OMS relacionadas con el medio ambiente son, en orden de importancia: a) accidentes cerebrovasculares (19.8%); b) cardiopatía isquémica (18.3%); c) lesiones no intencionales (13.5%); d) cáncer (13.5%); e) enfermedades respiratorias crónicas (11.1%); f) enfermedades diarreicas (6.7%); g) infecciones respiratorias (4.5%); h) afecciones neonatales (2.1%); i) paludismo (2.1%), y j) lesiones intencionales (2.0%).

De la lista anterior, la diarrea, el paludismo y las infecciones respiratorias son algunas de las más mortíferas entre los niños menores de cinco años. En los países en desarrollo, el porcentaje de estas tres enfermedades atribuible al medio ambiente representa como promedio el 26% de todas las defunciones de niños menores de cinco años (Prüss-Üstün y Corvalán, 2006).

Los autores antes referidos encontraron que la carga de morbilidad por diarrea está asociada en aproximadamente un 94% a factores de riesgo ambientales, tales como el consumo de agua no potable y el saneamiento y la higiene insuficientes. Las infecciones de las vías respiratorias inferiores están asociadas a la contaminación del aire en locales cerrados debido al uso de combustible sólido en los hogares, la exposición pasiva al humo del tabaco y a la contaminación del aire exterior. Y, por otro lado, el 42% de los casos de neumopatía obstructiva crónica se atribuyó a factores de riesgo ambientales; principalmente por la exposición profesional al polvo y a sustancias químicas, así como la contaminación del aire en locales cerrados por utilización de combustibles sólidos y humo de cigarros en los hogares.

Por otro lado, la Organización Panamericana de la Salud menciona en su página web (https://www.paho.org/es/temas/determinantes-ambientales-salud), factores ambientales clave que predisponen a problemas de salud a la población en la Región de las Américas, entre ellas:

- Aproximadamente 28 millones de personas carecen de acceso a una fuente de agua mejorada,
- 1.55 millones de muertes en el mundo son atribuibles a las exposiciones químicas,
- Más de 80 millones de personas todavía dependen de combustibles contaminantes como los combustibles sólidos o el queroseno para iluminación, cocción y calefacción,
- 320.000 muertes evitables en las Américas atribuibles a la contaminación del aire,
- 83 millones de personas carecen de acceso a instalaciones de saneamiento mejorado, y
- 15.6 millones practican aún defecación al aire libre, lo que provoca cerca de 30,000 muertes evitables por año.

B) Cobertura del servicio médico

Para garantizar el acceso a los servicios médicos existen cinco principales alternativas a nivel nacional: IMSSS, creado en 1943; ISSSTE (federal, fundado en 1959, y estatal); el Instituto de Salud para el Bienestar, recientemente creado; PEMEX-DEFENSA-MARINA e instituciones privadas. Entre éstos, más algunos otros no identificados, cubren entre un 60.62 y 92.58% los servicios de salud de la población municipal y del estado en los que incide el proyecto (Tabla IV.57). De aquí es de destacar el bajo porcentaje de cubertura de los servicios de salud que existen en el estado y de algunos de los municipios bajo análisis, siendo incluso muy inferiores a los que se tienen a nivel nacional, el cual cubre el 73.47% de la población nacional.

La población estatal afiliada a los servicios de salud es del 69.72%, proporción menor a la de seis de los municipios que conforman el SAR: Eloxochitlán (79.33%), Lolotla (82.05%), Molango de Escamilla (85.33%), Tepehuacán de Guerrero (92.58%), Tlanchinol (90.75%) y Xochicoatlán (81.64%). Destacan los municipios de Metztitlán y Zacualtipán de Ángeles por la baja afiliación poblacional a algún sistema de salud.

En las entidades bajo análisis, incluyendo al estado y los municipios que forman parte del SAR del proyecto, el Instituto de Salud para el Bienestar (INSABI), es la principal entidad del sector salud por el número de población afiliada. Este comportamiento difiere con el resultado a nivel nacional, siendo, en este caso, el IMSS es la entidad que agrupa 37.49% de la población, seguido por el INSABI que atiende al 26.06% de los habitantes afiliados.

La población de los municipios afiliada al IMSS es baja con respecto a los afiliados a nivel estatal y nacional, con excepción del municipio de Zacualtipán de Ángeles donde el 22.74% de su población afiliada se encuentra en este sector de salud, muy similar al resultado obtenido a nivel estatal (24.14%). El resto de los municipios involucrados en el SAR tienen una afiliación al IMSS que va del 3.94% de su población a 7.99%, valores que corresponde a los municipios de Tlanchinol y Lolotla, respectivamente.

Los servicios de salud proporcionados por el ISSSTE a los trabajadores del estado, tanto del gobierno federal como estado, agrupan a una baja proporción de la población en todas las entidades bajo estudio. El ISSSTE del gobierno federal agrupa a una población que va entre el 1.76% y el 12.05% de la población municipal, afiliando menos en Tepehuacán de Guerrero y más en Molango de Escamilla. Y, el servicio del ISSSTE de los trabajadores del estado solo da servicio a una proporción de la población municipal de nula en el municipio de Eloxochitlán a 12.05% de la población de Molango de Escamilla.

El municipio de Tepehuacán de Guerrero es el que tiene la más amplia afiliación de su población, con 92.58% de sus habitantes totales, siendo el INSABI el sector de salud que afilia a la mayoría de la población municipal con el 82.24% del total. A este le sigue la población afiliada al IMSS, sistema que al que pertenece el 7.44% de la población. Hoy en día, el sector de salud al que está afiliada la mayor parte de la población de este municipio representa un riesgo ya que se encuentra en etapa de redefinición para brindar el servicio a la población no asegurada.

La población afiliada a instituciones de salud privadas en muy baja en todas las entidades bajo análisis, rondando entre el 0.08%, en el municipio de Eloxochitlán, y 2.08%, a nivel nacional. Los municipios de Tepehuacán de Guerrero, Xochicoatlán y Molango de Escamilla tienen una mayor proporción de su población afiliada a instituciones de salud privadas que el estado, pero es menor al resultado obtenido a nivel nacional.

***Tabla IV.57. Población con afiliación a los servicios de salud a nivel nacional, del estado de Querétaro y de los municipios que participan en la conformación del SAR al 2020[1].***

| Entidad | Total afiliada[2] | IMSS | ISSSTE | ISSSTE estatal | PEMEX | INSABI[3] | IMSS Bienestar | Privada | Otras[4] | Sin afiliar | No especifica |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Nacional | 73.47 | 37.49 | 5.69 | 0.83 | 0.95 | 26.06 | 0.76 | 2.08 | 0.91 | 26.19 | 0.34 |
| Hidalgo | 69.72 | 24.14 | 7.20 | 0.33 | 1.11 | 35.59 | 0.75 | 0.81 | 0.69 | 30.12 | 0.16 |
| Eloxochitlán | 79.33 | 4.20 | 3.24 | 0.00 | 0.00 | 71.54 | 0.89 | 0.08 | 0.00 | 20.52 | 0.15 |
| Lolotla | 82.05 | 7.99 | 5.75 | 0.03 | 0.28 | 66.52 | 2.23 | 0.28 | 0.69 | 17.95 | 0.00 |
| Metztitlán | 64.59 | 5.47 | 4.31 | 0.31 | 0.10 | 53.22 | 1.54 | 0.16 | 0.24 | 35.39 | 0.02 |
| Molango | 85.33 | 6.70 | 12.05 | 0.08 | 0.51 | 63.53 | 0.58 | 1.31 | 2.76 | 14.64 | 0.03 |
| Tepehuacán | 92.58 | 7.44 | 1.76 | 0.02 | 0.15 | 82.24 | 0.67 | 1.78 | 0.19 | 7.39 | 0.03 |
| Tlanchinol | 90.75 | 3.94 | 2.89 | 0.43 | 0.18 | 80.06 | 3.51 | 0.59 | 0.20 | 9.23 | 0.02 |
| Xochicoatlán | 81.64 | 5.43 | 6.86 | 1.50 | 0.27 | 63.12 | 3.25 | 1.71 | 0.44 | 18.36 | 0.00 |
| Zacualtipán | 60.62 | 22.74 | 6.31 | 0.15 | 0.08 | 30.94 | 0.41 | 0.31 | 0.33 | 39.29 | 0.09 |

[1] Fuente: Adaptado del Censo de Población y Vivienda realizado por el INEGI en el 2020, ver: https://www.inegi.org.mx/programas/ccpv/2020/#tabulados.

[2] La suma de los afiliados en las distintas instituciones de salud puede ser mayor al total por aquella población incorporada a este servicio en más de una institución de salud.

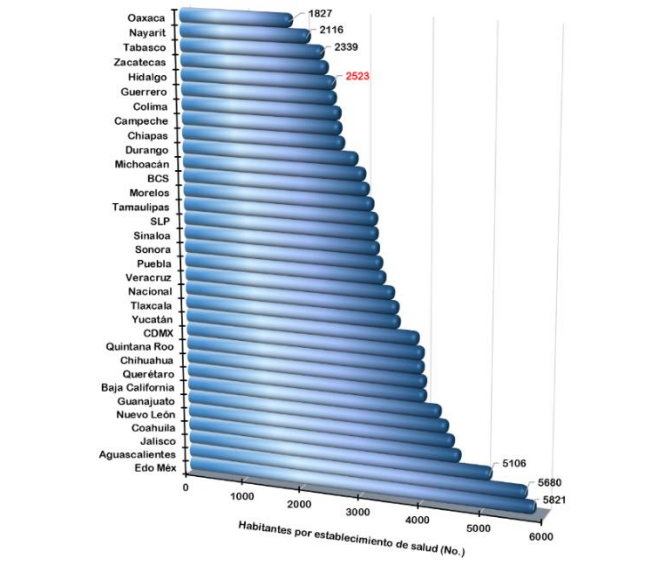
[3] En enero de 2020, entró en funciones el Instituto de Salud para el Bienestar (INSABI); sin embargo, la categoría incluye también a la población que declaró estar afiliada al Seguro Popular.

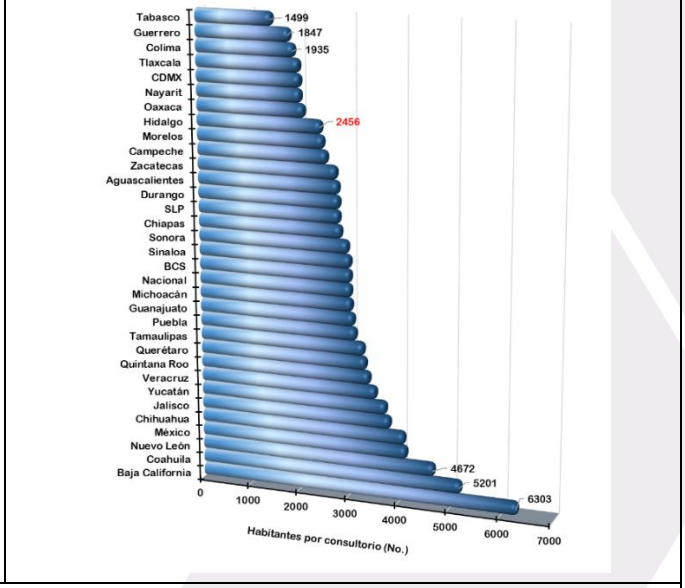
[4] Incluye instituciones de salud públicas o privadas.

Si bien existe una alta proporción de la población del estado afiliada a los servicios de salud que se brindan por las diferentes instancias gubernamentales o privadas, pareciera que aún falta más por hacer para garantizar el servicio a la totalidad de la población, lo que puede ir acompañado con el desarrollo de más infraestructura para ello. Para el año de 2020, la Secretaría de Salud reportó en su página oficial (ver: http://sinaiscap.salud.gob.mx:8080/DGIS/), que el estado de Hidalgo contaba en el 2020 con 1,255 establecimientos para la atención médica de los habitantes que lo requirieran, esto representa ser el 3.75% de los establecimientos de servicios médicos del país.

Considerando los resultados del censo de población y vivienda del 2020 realizado por el INEGI y el inventario de establecimientos de servicios médicos al mismo año reportado por la Secretaría de Salud, se relacionó el número de habitantes con los establecimientos que prestan servicio médico, como indicador de la factibilidad de recibir atención médica de los habitantes en caso de requerirla. En este caso se consideró el número de establecimientos para brindar el servicio médico y el número de consultorios médicos habilitados. En este caso resultó que a nivel nacional se tenían 3,559 Hab por establecimiento de servicio médico, cuando los estados de Oaxaca, Nayarit y Tabasco fueron los que resultaron con menor relación, lo que se puede interpretar como de mayor beneficio para la población, siendo esta de 1,827, 2,116 y 2,339 habitantes por establecimiento de servicio médico, en el orden antes citado (Figura IV.113). En este rubro, el estado de Hidalgo resultó tener un valor de 2,523 habitantes por establecimiento de servicio médico, siendo el quinto estado con menor relación.

Otra de las variables importantes analizadas relacionadas con el sector salud, es la relación del número de consultorios disponibles para atender a la población. En este caso, para el año 2020, a nivel nacional resultó un valor de 3,030 habitantes por consultorio disponible, teniendo un mejor resultado los estados de Tabasco, Guerrero y Colima con valores de 1,499, 1,847 y 1,935 habitantes por consultorio disponible (Figura IV.113). Los valores más altos fueron los obtenidos en los estados de Baja California, Coahuila y Nuevo León con 6,303, 5,201 y 4,672 habitantes por consultorio disponible. En octavo lugar, con la relación más baja, se encuentra el estado de Hidalgo, donde se alcanzó un valor de 2,456 habitantes por consultorio.



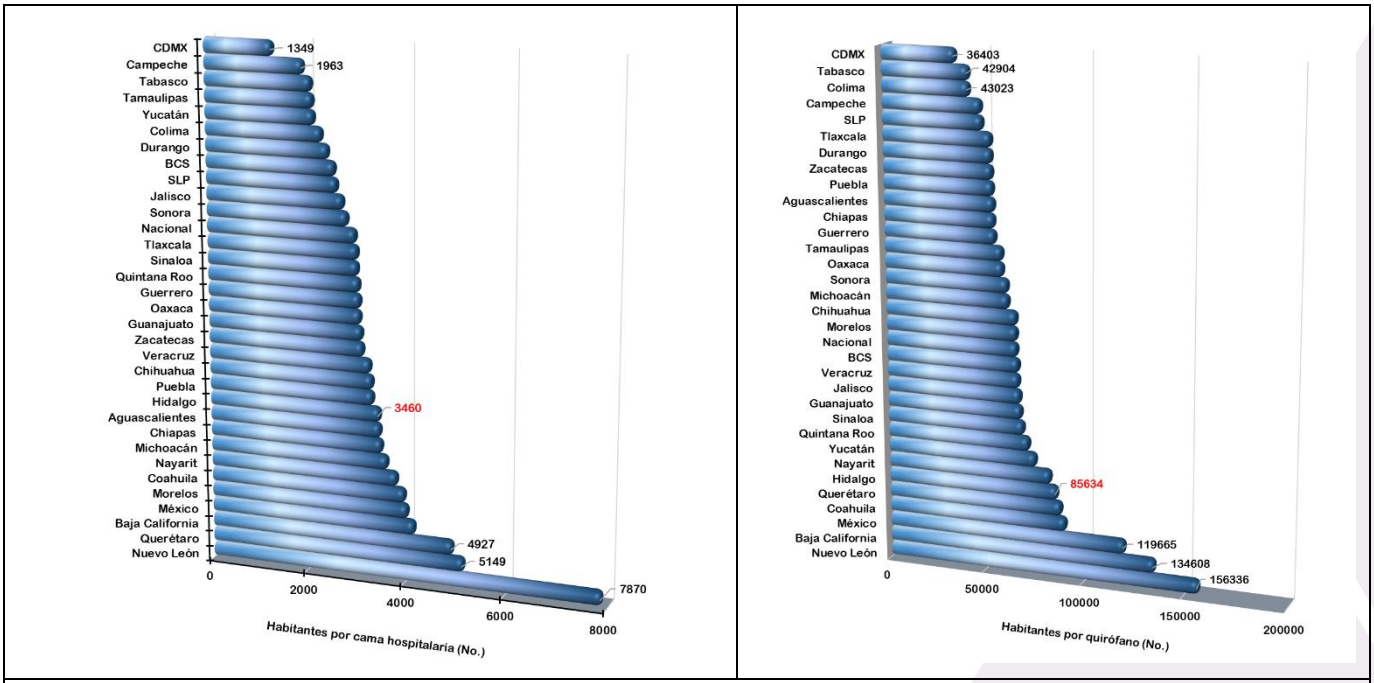

Fuente: Elaboración propia con información del INEGI, en: https://www.inegi.org.mx/programas/ccpv/2020/#tabulados; y, la Secretaría de Salud, en: http://sinaiscap.salud.gob.mx:8080/DGIS/

***Figura IV.113. Relación de habitantes con unidades de servicio médico y consultorios, por entidad estatal y a nivel federal, para los resultados del 2020.***

Otro importante factor por tomar en cuenta en el servicio médico disponible para la población es la disponibilidad de equipo para recibir el servicio médico, para ello, se analizó el número de camas y quirófanos disponibles para la atención de la población. Con información del censo de población del 2020 del INEGI y la base datos de la secretaría de salud para ese mismo año, se tiene que a nivel nacional se tenía una relación de 2,987 habitantes por cama y 65,838 habitantes por quirófano existente (Figura IV.114).

En estas variables, la Ciudad de México fue la entidad que tuvo una menor relación de habitantes por cama hospitalaria disponible con 1,349 habitantes por cama, seguido de Campeche con 1,963 y Tabasco con 2,119 habitantes por cama. Y, en cuanto a quirófanos por habitante resultó ser la Ciudad de México nuevamente la entidad con la menor relación con 36,403 habitantes por quirófano, seguidos de Tabasco y Colima con 42,904 y 43,023 habitantes por quirófano.

En estas variables, el estado de Hidalgo resultó estar entre los estados con menor número de camas hospitalarias por habitante representando ser de 3,606 habitantes por cama hospitalaria, donde el estado de Nuevo León es el que tuvo la peor relación con 7,870 habitantes por cama. Y, en cuanto a habitantes por quirófano disponible, Hidalgo resultó tener 85,634 habitantes por quirófano disponible, el sexto más alto, solo superado por tuvo una relación obtenida por los estados de Querétaro, Coahuila, Estado de México, Baja California y Nuevo León.




Fuente: Elaboración propia con información del INEGI, en: https://www.inegi.org.mx/programas/ccpv/2020/#tabulados; y, la Secretaría de Salud, en: http://sinaiscap.salud.gob.mx:8080/DGIS/

***Figura IV.114. Relación de habitantes con camas hospitalarias y quirófanos, por entidad estatal y a nivel federal, para el año 2020.***

### IV.3.5.7. Evaluación del bienestar

Con la finalidad de tener información sobre el rezago social de las entidades estatales y municipales, el CONEVAL construyó el "Índice de Rezago Social (IRS)", el cual incorpora indicadores de educación, de acceso a servicios de salud, de servicios básicos, de calidad y espacios en la vivienda, y activos en el hogar.

Según la información del CONEVAL (ver: http://www.coneval.org.mx/Medicion/IRS/Paginas/Que-es-el-indice-de-rezago-social.aspx), el IRS es una medida ponderada que resume cuatro indicadores de carencias sociales (educación, salud, servicios básicos y espacios en la vivienda) en un solo índice que tiene como finalidad ordenar a las unidades de observación según sus carencias sociales. No se trata de una medición de pobreza, ya que no incorpora los indicadores de ingreso, seguridad social y alimentación. Permite tener información de indicadores sociales desagregados hasta nivel municipal, con lo que CONEVAL contribuye con la generación de información para la toma de decisiones en materia de política social, especialmente para analizar la desigualdad de coberturas sociales que subsisten en el territorio nacional.

Las variables consideradas en la construcción del IRS son:

- Población total,
- Población de 15 años o más analfabeta,
- Población de 6 a 14 años que no asiste a la escuela,
- Población de 15 años y más con educación básica incompleta,
- Población sin derechohabiencia a servicios de salud,
- Viviendas con piso de tierra,
- Viviendas que no disponen de excusado o sanitario,
- Viviendas que no disponen de agua entubada de la red pública,
- Viviendas que no disponen de drenaje,
- Viviendas que no disponen de energía eléctrica,
- Viviendas que no disponen de lavadora, y
- Viviendas que no disponen de refrigerador.

El CONEVAL presenta los resultados de la estimación del IRS en cinco estratos, denominados grados de rezado social: muy bajo, bajo, medio, alto y muy alto. Para ello, refiere que utiliza la estratificación con base en la metodología de Dalenius & Hodges, dado que permite que dentro de cada estrato las unidades sean lo más homogéneas posibles y entre los estratos lo más distintos posibles.

Las entidades Nuevo León, Ciudad de México, Coahuila y Aguascalientes, son las que han sido más estables y las que han tenido el IRS más bajo, resultando que en los cinco quinquenios del 2000 al 2020 han salido con grado de rezago social "muy bajo" (Tabla IV.58). Por lo que se puede decir que, en estos estados existen menores carencias en la sociedad respecto a educación, salud, servicios básicos y espacios en la vivienda.

El estado de Hidalgo resulta estar en el 7º lugar en contexto nacional, debido a que en las cinco evaluaciones ha resultado con un IRS alto. Las variables que tienen mayor impacto para que el estado clasifique en IRS alto son las relacionadas con la educación, como la población analfabeta, población entre 6 y 14 años que no asiste a la escuela,

y la población sin derechohabiencia a servicios de salud. Las variables relacionadas con espacio de la vivienda son las que tienen menos influencia en el alto nivel del rezago social del estado.

***Tabla IV.58. Rezago social en las entidades estatales y en los municipios que forman parte de la conformación del SAR del proyecto entre el 2000 y el 2020, por quinquenio, de acuerdo con lo estimado por el CONEVAL[§].***

| Entidad federativa | Índice de rezago social | | | | | Grado de rezago social | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 2000 | 2005 | 2010 | 2015 | 2020 | 2000 | 2005 | 2010 | 2015 | 2020 |
| **Estatal** | | | | | | | | | | |
| Nuevo León | -1.54 | -1.44 | -1.37 | -1.36 | -1.25 | Muy bajo | Muy bajo | Muy bajo | Muy bajo | Muy bajo |
| Ciudad de México | -1.51 | -1.40 | -1.28 | -1.31 | -1.12 | Muy bajo | Muy bajo | Muy bajo | Muy bajo | Muy bajo |
| Coahuila | -1.27 | -1.25 | -1.16 | -1.06 | -1.15 | Muy bajo | Muy bajo | Muy bajo | Muy bajo | Muy bajo |
| Aguascalientes | -1.14 | -1.14 | -1.11 | -1.04 | -1.10 | Muy bajo | Muy bajo | Muy bajo | Muy bajo | Muy bajo |
| Baja California | -1.03 | -0.66 | -0.86 | -0.82 | -0.64 | Muy bajo | Muy bajo | Muy bajo | Bajo | Bajo |
| Jalisco | -0.71 | -0.60 | -0.66 | -0.69 | -0.62 | Bajo | Bajo | Muy bajo | Bajo | Bajo |
| Colima | -0.71 | -0.76 | -0.80 | -0.66 | -0.60 | Bajo | Muy bajo | Muy bajo | Bajo | Bajo |
| Sonora | -0.81 | -0.86 | -0.69 | -0.59 | -0.65 | Muy bajo | Muy bajo | Muy bajo | Bajo | Bajo |
| Chihuahua | -0.74 | -0.61 | -0.50 | -0.59 | -0.52 | Bajo | Bajo | Bajo | Bajo | Bajo |
| Tamaulipas | -0.60 | -0.70 | -0.65 | -0.53 | -0.62 | Bajo | Muy bajo | Muy bajo | Bajo | Bajo |
| Estado de México | -0.54 | -0.36 | -0.37 | -0.48 | -0.30 | Bajo | Bajo | Bajo | Bajo | Bajo |
| Sinaloa | -0.24 | -0.45 | -0.48 | -0.46 | -0.57 | Medio | Bajo | Bajo | Bajo | Bajo |
| Querétaro | 0.00 | -0.04 | -0.25 | -0.43 | -0.52 | Medio | Medio | Bajo | Bajo | Bajo |
| Quintana Roo | -0.36 | 0.15 | -0.40 | -0.40 | -0.32 | Medio | Medio | Bajo | Bajo | Bajo |
| Baja California Sur | -0.71 | -0.48 | -0.47 | -0.40 | -0.32 | Bajo | Bajo | Bajo | Bajo | Bajo |
| Zacatecas | 0.30 | -0.09 | -0.13 | -0.33 | -0.45 | Medio | Medio | Medio | Bajo | Bajo |
| Morelos | -0.21 | -0.18 | -0.13 | -0.21 | -0.13 | Medio | Medio | Medio | Bajo | Bajo |
| Tlaxcala | 0.02 | 0.05 | -0.05 | -0.17 | -0.04 | Medio | Medio | Medio | Medio | Medio |
| Tabasco | 0.34 | -0.03 | -0.07 | -0.15 | 0.08 | Medio | Medio | Medio | Medio | Medio |
| Guanajuato | 0.21 | 0.16 | 0.00 | -0.06 | -0.21 | Medio | Alto | Medio | Medio | Bajo |
| Durango | -0.14 | -0.24 | -0.01 | -0.03 | -0.05 | Medio | Medio | Medio | Medio | Medio |
| Nayarit | -0.18 | -0.42 | -0.25 | 0.01 | 0.04 | Medio | Bajo | Bajo | Medio | Medio |
| Yucatán | 0.24 | 0.34 | 0.22 | 0.29 | 0.15 | Medio | Alto | Alto | Alto | Medio |

| Entidad federativa | Índice de rezago social | | | | | Grado de rezago social | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 2000 | 2005 | 2010 | 2015 | 2020 | 2000 | 2005 | 2010 | 2015 | 2020 |
| Campeche | 0.53 | 0.32 | 0.22 | 0.30 | 0.24 | Alto | Alto | Alto | Alto | Medio |
| **Hidalgo** | **0.86** | **0.59** | **0.61** | **0.45** | **0.32** | **Alto** | **Alto** | **Alto** | **Alto** | **Alto** |
| San Luis Potosí | 0.63 | 0.31 | 0.49 | 0.61 | 0.32 | Alto | Alto | Alto | Alto | Alto |
| Michoacán | 0.61 | 0.67 | 0.75 | 0.63 | 0.53 | Alto | Alto | Alto | Alto | Alto |
| Puebla | 0.96 | 0.97 | 1.07 | 0.88 | 0.74 | Alto | Muy alto | Alto | Alto | Alto |
| Veracruz | 1.19 | 0.95 | 1.14 | 1.20 | 1.14 | Muy alto | Alto | Alto | Muy alto | Muy alto |
| Chiapas | 2.27 | 2.55 | 2.27 | 2.39 | 2.64 | Muy alto | Muy alto | Muy alto | Muy alto | Muy alto |
| Guerrero | 2.12 | 2.44 | 2.52 | 2.45 | 2.45 | Muy alto | Muy alto | Muy alto | Muy alto | Muy alto |
| Oaxaca | 2.16 | 2.20 | 2.42 | 2.54 | 2.59 | Muy alto | Muy alto | Muy alto | Muy alto | Muy alto |
| **Municipal** | | | | | | | | | | |
| Eloxochitlán | 0.12 | -0.25 | -0.06 | -0.24 | -0.31 | Medio | Bajo | Bajo | Medio | Bajo |
| Lolotla | 0.38 | 0.27 | 0.3 | 0.43 | 0.14 | Medio | Medio | Medio | Alto | Medio |
| Metztitlán | 0.36 | 0.21 | 0.36 | 0.06 | -0.02 | Medio | Medio | Medio | Medio | Bajo |
| Molango de Escamilla | 0.06 | -0.04 | -0.08 | -0.21 | -0.27 | Medio | Medio | Bajo | Medio | Bajo |
| Tepehuacán de Guerrero | 1.22 | 1.39 | 1.17 | 1.2 | 1.07 | Alto | Alto | Alto | Alto | Alto |
| Tlanchinol | 0.76 | 0.72 | 0.46 | 0.52 | 0.37 | Alto | Alto | Medio | Alto | Medio |
| Xochicoatlán | 0.15 | -0.13 | 0.27 | -0.02 | -0.11 | Medio | Bajo | Medio | Medio | Bajo |
| Zacualtipán de Ángeles | -0.46 | -0.42 | -0.31 | -0.57 | -0.6 | Bajo | Bajo | Bajo | Bajo | Bajo |

§ Adaptado del CONEVAL, en: https://www.coneval.org.mx/Medicion/IRS/Paginas/Indice_Rezago_Social_2020.aspx

Considerando el resultado de la última evaluación, los estados con el IRS más alto fueron Chiapas, Oaxaca y Guerrero, mientras que, por lo contrario, los estados de Nuevo León, Coahuila y la Ciudad de México fueron los que resultaron con el IRS más bajo, ocupando las posiciones 32, 31 y 30, respectivamente. El estado de Hidalgo ocupó el lugar 7, lo que indica que estuvo entre los estados con los mayores IRS, lo que le da para clasificarse con un grado de rezago social alto, cuando los primeros cuatro lugares tienen un grado de rezago social muy bajo y las siguientes cuatro clasifican con un grado de rezago social alto.

A nivel municipal resulta que, en el último quinquenio se tuvo que, de los 2,469 municipios totales evaluados, los índices más altos fueron para los municipios Batopilas, Chihuahua, Mezquital, Durango, y Del Nayar, Nayarit, ocupando los lugares 1, 2 y 3, respectivamente. Por lo contrario, los municipios o alcaldías con los índices más bajos fueron para la alcaldía de Benito Juárez, de la Ciudad de México, el municipio de Apodaca, N.L., y Coacalco de Berriozábal, Estado de México, lo que implica que fueron los que presentaron el menor rezago social, es decir, menores carencias en la sociedad respecto a educación, salud, servicios básicos y espacios en la vivienda.

De los municipios que forman parte en la conformación del SAR, resulta que el municipio de Zacualtipán de Ángeles ha sido el mejor evaluado en las cinco ocasiones que el CONEVAL ha presentado los resultados del IRS. En las cinco veces el municipio ha resultado con un IRS que lo ha llevado a clasificarse con grado de rezado social bajo, estando en una posición que va de entre 1384, en el 2010, a 1668, en el resultado del 2020. Sin embargo, destaca que en ninguna evaluación este, y ningún otro municipio, ha clasificado con un grado de rezago social muy bajo.

Después del municipio de Zacualtipán de Ángeles, el municipio de Eloxochitlán es el que ha salido con mejor evaluación en su IRS. En este caso, este municipio ha clasificado en dos ocasiones con un grado de rezado social medio y en la otras tres con un grado bajo, principalmente afectado por las variables relacionadas con educación, salud y espacio en la vivienda.

El municipio de Tepehuacán de Guerrero es el que ha tenido los peores resultados en la evaluación del rezago social, resultando las cinco veces con un grado de rezago social alto, ubicándose entre las posiciones 259, en 2005, y 348, en la última evaluación. Tlanchinol es otro de los municipios con malos resultados en la evaluación del rezado social, resultado en tres evaluaciones con un grado de rezago social alto y, en las otras dos ocasiones, con rezago social medio. En ambos casos, los resultados obtenidos es una conjugación de variables potencializadas por los resultados con resultados de educación, servicios de salud y espacio de vivienda, saliendo un poco mejor evaluados en las variables de servicios básicos.

### IV.3.6. Diagnóstico ambiental

El SAR definido para el desarrollo del proyecto consta de 38,998.68 ha, cubriendo superficie de nueve municipios del estado de Hidalgo, en orden alfabético son: Eloxochitlán, Juárez de Hidalgo, Lolotla, Metztitlán, Molango de Escamilla, Tepehuacán de Guerrero, Tlanchinol, Xochicoatlán y Zacualtipán de Ángeles. El análisis de la línea base ambiental del SAR se enfocó en describir la condición de los componentes ambientales, tanto abióticos como bióticos, dentro de todo el polígono definido, sin excluir ningún área.

En el caso del municipio de Juárez de Hidalgo, el polígono del SAR solamente se sobrepone en 2.63 ha de las 38,998.68 ha totales, lo que representa ser el 0.007% del área total del SAR. En la superficie de coincidencia actualmente domina el uso de suelo agropecuario y cobertura vegetal forestal de bosque mesófilo de montaña. 1.39 ha de esta superficie forman parte de una de las áreas de conservación del proyecto, el resto de la superficie solo forma parte del SAR, sin tenerse contemplado realizar ninguna obra o actividad.

Ante la poca representatividad socioeconómica de este municipio dentro de la poligonal de SAR, no afectar asentamientos humanos o rancherías y el nulo impacto del proyecto en este municipio, se decidió excluir la información de este municipio del análisis socioeconómico. Este análisis se enfocó en los otros ocho municipios donde la ejecución del proyecto tiene influencia directa e indirecta, además de que suman el 99.99% de la superficie del SAR. Esto ayuda a darle mayor claridad y hacer más sencillo de entender la problemática socioeconómica en la región.

El SAR se ubica en una región de relevancia ambiental y social, no obstante, del análisis realizado resultó que éste no se encuentra incidiendo con la poligonal de alguna de las ANP federales que se encuentran en estado de Hidalgo, así como tampoco algunas de las ANP de carácter estatal y municipal inciden dentro de la poligonal.

La relevancia ambiental de la región está remarcada por ubicarse dentro, casi la totalidad del polígono del SAR, del AICA Tlanchinol-Bosque de Montana del Noreste de Hidalgo. Motivo por el cual, en el muestreo llevado a cabo para la caracterización de la fauna silvestre, resultó que las aves representan el 82.55% de la diversidad de especies observadas, directa o indirectamente.

Considerando la clasificación geomorfométrica propuesta por Hernández et al. (2017), se determinó que las unidades geomorfométricas que predominan en el SAR son: a) energía de relieve 100.1 a 200.0 m $km^{2-1}$ Muy alomado, muy fuertemente diseccionado; b) energía de relieve de 200.1 a 300 Montañoso, en ocasiones alomado, ligeramente diseccionado, y, C) energía de relieve de 300.1 a 400 Montañoso, moderadamente diseccionado. No obstante, también es posible identificar algunas pequeñas áreas en las que se tiene una energía de relieve de contorno morfográfico de 50.1 a 100 Muy colinoso y alomado, fuertemente diseccionado y de 400.1 a 500.0 Montañoso, fuertemente diseccionado. Esto nos lleva a considerar una región de relieve moderado a fuerte, con escasa presencia de planicies.

A nivel del SAR se reporta la presencia de 18 unidades edafológicas, donde predominan cuatro grupos de suelos como grupos primario: Leptosol, Luvisol, Feozem y Umbrisol. Estos cuatro grupos de suelos se asocian y componen en suelos secundarios y terciarios; además, existen dos áreas que no logran clasificación edafológica por no aplicar como son los cuerpos de agua y las zonas urbanas.

Como grupos primarios de suelo, los leptosoles es el grupo de suelos que tiene mayor representación con 27,407.36 ha de las 38,998.68 ha del SAR, es decir, el 70.28% del polígono. En segundo lugar, se ubica el grupo de suelo de los luvisoles, presentes en el 21.04% del SAR, seguido por los feozems con el 7.68%. Finalmente, el umbrisol léptico solo se encuentra presente en 328.87 ha, es decir, el 0.84% del área.

Es de resaltar que la mayor parte del SAR no presenta problemas de degradación del suelo. El SAR solo presenta problemas de degradación en el 32.16% del polígono. De los cuatro tipos de degradación del suelo analizadas por la SEMARNAT, solo se tiene la degradación física por compactación en grado ligero, ocasionada por el sobrepastoreo. El área con este tipo de degradación física del suelo se concentra principalmente en la parte central del polígono, en el área de influencia de la Unidad Minera Naopa, además de una pequeña superficie al sureste del SAR.

El municipio de Lolotla es el único de los nueve municipios que se encuentran formando parcialmente el polígono del SAR y que cuenta con estación de monitoreo para la calidad del aire, la cual se encuentra operando desde 2012. Sin embargo, se trata de una estación de monitoreo manual, solo cuenta con equipo para medición de partículas $PM_{2.5}$ y son pocos años los que ha estado funcionando o registrando información suficiente para poder evaluar el cumplimiento de los valores de norma.

De acuerdo con los informes nacionales de calidad del aire de los años 2015, 2016, 2017, 2018, 2019, 2020 y 2021 publicados por el INECC (ver página web: https://sinaica.inecc.gob.mx/pags/informes.php), solo en el de los años

2016, 2017 y 2021 se pudo presentar información sobre el comportamiento de las $PM_{2.5}$ en la estación Lolotla. Los resultados obtenidos en los informes de los años 2016 y 2017 muestran que la concentración promedio anual ha estado ligeramente por arriba del límite máximo establecido 14 µg $m^{-3}$ y 13 µg $m^{-3}$ contra los 12 µg $m^{-3}$ normados. Mientras que, por otro lado, no ha habido problemas en el cumplimiento del límite de 24 horas, estando en los tres casos por debajo de los 45 µg $m^{-3}$.

Con la finalidad conocer la calidad del aire en las inmediaciones de la Unidad Minera, la empresa promovente de este proyecto lleva a cabo mediciones de los contaminantes criterio $PM_{10}$ y $PM_{2.5}$ en el ambiente. Los resultados obtenidos en 2023 para el contaminante criterio $PM_{10}$ en cuatro sitios de muestreo estuvieron por debajo del valor límite permisible, es decir, por debajo de 70 µg $m^{-3}$. Los resultados obtenidos en la evaluación arrojan concentraciones que van de los 49 µg $m^{-3}$, a un lado de las oficinas generales, a los 69 µg $m^{-3}$, en el sitio de preparación de muestras norte.

En lo que respecta a la concentración de las $PM_{2.5}$, todos los resultados estuvieron por debajo de las 41 µg $m^{-3}$, valor límite máximo permisible en la norma. Al igual que en los resultados obtenidos para las $PM_{10}$, la menor concentración de este contaminante criterio se obtuvo en el sitio de las oficinas generales, con 22 µg $m^{-3}$ y, la mayor concentración resultó ser de 36 µg $m^{-3}$ en el área de preparación de muestras norte.

Los cauces presentes en el área del SAR son principalmente de tipo lótico, léntico solo se tiene la laguna Atezca a aproximadamente 4.66 km al sur del área del tajo Naopa. Este cuerpo de agua se ubica al noroeste de la cabecera municipal de Molango de Escamilla, cubre una superficie aproximada de entre 24 y 27 ha y tiene una profundidad media de 6.4 m.

En el SAR existen diversos cuerpos de aguas superficiales, muchos de ellos arroyos temporales y ríos permanentes, unidos a la cuenca del río Pánuco y sus afluentes, los ríos Claro, Amajac y Moctezuma, estos dos últimos fuera del SAR.

En la parte sur del polígono del SAR, en el municipio de Xochicoatlán, se tienen siete arroyos, todos temporales: Agua Limpia, Huayacupula, El Salto, San Juan (Alambrada), Trozo de Agua, Puente Alto y La Cañada, estos tres últimos aledaños a la localidad de Nonoalco. Además, cerca de la cabecera municipal de Xochicoatlán se encuentra el arroyo Grande, también temporal, y el río Chacalapa, el único de carácter permanente, aunque en la época de secas es de muy bajo caudal.

Al norte de Nonoalco, antes de llegar a la cabecera municipal de Molango de Escamilla, cerca de la localidad de Ixmolinta, de este mismo municipio, se encuentran los arroyos temporales, La Maroma y Molocotlán. Aledaño a la cabecera municipal, se encuentra el arroyo temporal La Maroma y los ríos permanentes Pilateno y Agua Fría.

La cabecera municipal de Lolotla, en la zona centro del polígono del SAR y que corren en sentido hacia la localidad de Naopa, se encuentran el arroyo Xaltipa y los ríos permanentes Yogu y Xaltetla, que desembocan al río Claro, y el río Huaxcatla.

Al noreste del polígono del SAR, dentro del municipio de Tlanchinol, corre el arroyo Xalpa, el cual recibe agua de otros arroyos de menor cauce, como el arroyo Pesuco, Paguapa. A su salida del SAR, a la altura de la localidad de Tenexco, continua su curso hasta unirse con el río Claro en la localidad de Texopich, municipio de Tepehuacán de Guerrero, fuera del SAR.

El noroeste del SAR tiene el cauce de río Claro, el cuerpo de agua de mayor importancia dentro del SAR, por su carácter permanente y su cauce. Este cuerpo de agua recibe aporte de diversos arroyos temporales, entre ellos La Juda, Cuatencatl, Acuecueyos, Arroyo Seco, Temesa, Achinpesco, Tepaila y Coxolija.

El río Claro sale del polígono del SAR en la zona norte, cerca de la localidad de Cuatitlanapa, del municipio de Lolotla, desemboca en el río Amajac, a la altura de la localidad de Tenexco, y continua su recorrido hasta unirse al río Amajac a la altura de la localidad de Texojol, municipio de Tamazunchale, San Luis Potosí.

En el acuerdo por el que se dan a conocer los resultados del estudio técnico de las aguas nacionales superficiales en las cuencas hidrológicas que forman parte de la subregión hidrológica río Pánuco de la RH 26 Pánuco, publicado en el Diario Oficial de la Federación el 07 de febrero de 2018, la cuenca hidrológica del río Claro, desde su nacimiento hasta su confluencia con el río Amajac, cubre una superficie de 763.895 $km^2$. En esta región hidrológica se tienen contabilizados 18,166 aprovechamientos de agua, lo que implica un volumen anual de extracción concesionado de 7,048.583 $Mm^3$, es decir, el 36.9% del escurrimiento medio anual. El uso de agua del volumen aprovechado se destina a actividades agrícolas (65.4%), generación de energía eléctrica (19.91%) y servicios (4.6%).

En este rubro, el río Claro cuenta con 607 aprovechamientos, los cuales implican 6.342 $Mm^3$ de volumen de agua anual de extracción concesionado de aguas superficiales; el 0.09% del volumen de agua anual de extracción concesionado de la RH 26.

De las 64 cuencas hidrológicas que conforman la RH 26 Pánuco, ocho se encuentran con déficit en su disponibilidad media anual de aguas superficiales: Arroyo Zarco, río Ñadó, río Galindo, río San Juan 1, arroyo El Puerquito o San Bartolo, arroyo Altamira, río Santa María 1 y embalse Zimapán, **ninguno de ellos con injerencia en el SAR**.

El río Claro, por lo contrario, cuenta con disponibilidad media anual de agua superficial de 260.985 $Mm^3$, el cual resulta de un volumen de escurrimiento aguas abajo de 446.881 $Mm^3$, a lo cual se le restan los volúmenes comprometidos de 94.916 $Mm^3$ por usos y 90.980 $Mm^3$ para flujos mínimos ecológicos.

El SAR del proyecto se encuentra cubriendo parcialmente superficie de cuatro acuíferos: 1302 Orizatlán, 1305 Atlapexco – Candelaria, 1306 Calabozo y 1314 Metztitlán. Los cuatro acuíferos cuentan con disponibilidad de agua para su aprovechamiento, de acuerdo con la disponibilidad media anual de agua subterránea de los 653 acuíferos publicado en el Diario Oficial de la Federación el 09 de noviembre de 2023.

Los resultados de los análisis físicos, químicos y bacteriológicos al agua de los sitios monitoreados por la CONAGUA más cercanos al SAR no muestran problemas de contaminación con alguna de las variables físicas, químicas y biológicas de seguimiento. La mayoría de los resultados obtenidos muestran que se trata de agua subterránea de excelente a buena calidad para riego y de calidad excelente como agua potable. Solo los resultados de flúor y dureza muestran valores algo elevados, sin que lleguen a representar un problema para la calidad del agua.

Usando la clasificación de usos de suelo y vegetación, escala 1:250,000, serie VII del INEGI, se encontró que el uso de suelo de agricultura (agroecosistemas, en general), en sus tres clasificaciones de acuerdo con la disponibilidad y uso de agua y la longevidad de cultivo, comprende el 17.36%. El área que ya no cuenta con cobertura de vegetación forestal dentro del polígono involucra el 42.21% de las 38,998.68 ha del SAR, aquí se incluye, además, la superficie clasificada como área desprovista de vegetación 0.06%, los cuerpos de agua 0.06%, los asentamientos humanos 0.50%, pastizal cultivado 24.04%, así como las mencionadas anteriormente.

Los tipos de vegetación primarias cubren el 27.74% del polígono del SAR. Entre estas se encuentra el Bosque Mesófilo de Montaña que cubre el 25.63% del SAR, siendo el tipo de vegetación y uso de suelo predominante, seguido del Pastizal Cultivado con su 24.04%. El segundo tipo de vegetación primaria lo ocupa el Bosque de Encino, el cual cubre apenas el 1.54% del área total de SAR.

Los tipos de vegetación secundaria, incluyendo aquí al Pastizal Inducido, cubren el 30.05% del SAR. De estos tipos de vegetación, la Secundaria Arbustiva de Bosque Mesófilo de Montaña es la que ocupa mayor superficie abarcando

el 15.20% del SAR, seguida de la Vegetación Secundaria Arbórea de Selva Alta Perennifolia y de la Vegetación Secundaria Arbórea de Bosque Mesófilo de Montaña, las cuales cubre el 6.99% y 3.72% del SAR.

Los tipos de vegetación primaria y secundaria del Bosque Mesófilo de Montaña cubren 44.55% del SAR y, los tipos de vegetación de Bosque de Encino, tanto primaria como secundaria, y sus asociaciones cubre apenas el 3.10% del polígono.

La lista de especies de flora silvestre observadas e identificadas en los muestreos realizados en el SAR del proyecto arrojó un listado general conformado por 252 especies. El total de las especies pertenecen a 48 órdenes, 94 y 173 géneros.

Los órdenes Polypodiales y Lamiales son los que agrupan mayor cantidad de familias, siendo 11 en cada uno de ellos. La diferencia entre estos órdenes estriba en que el orden Polypodiales está representado por 31 géneros y 64 especies, agrupando muchas especies representativas del bosque que se desarrollan en climas templados, como mesófilo de montaña, encino y pino; y, el orden Lamiales está conformado por 20 géneros y 24 especies, con especies de selva alta perennifolia de diversas etapas sucesionales. Estos dos órdenes son los que agrupan una mayor diversidad.

Considerando el hábito de crecimiento de las especies identificadas durante los muestreos en el área del SAR, se encontró mayor predominancia de las especies herbáceas sobre las arbóreas, arbustivas y enredaderas, con 141, 60, 42 y nueves especies, en el orden antes citado.

Del listado general de las 252 especies de flora silvestre identificadas, solo ocho de ellas se encuentran incluidas en la lista de especies en riesgo de la norma oficial mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010. De estas ocho especies, cuatro se encuentran clasificadas como especies sujetas a protección especial (Pr), tres como especies amenazadas (A) y una en peligro de extinción (P).

Las cuatro especies sujetas a protección especial son: helecho pesma (*Cyathea divergens* Kunze), maíz de monte (*Marattia weinmanniifolia* Liebm.), palmilla (*Podocarpus matudae* Lundell) y el cedro (*Cedrela odorata* L.). Las tres especies clasificadas como amenazas son: a) palma tepejilote coralillo (*Chamaedorea microspadix* Burret); b) la cícada camotillo (*Zamia loddigesii* Miq.) y nogal (*Juglans pyriformis* Liebm.). Y, el helecho gigante maquique (*Alsophila firma* (Baker) D.S.Conant) es la única especie identificada que se encuentra clasificada en peligro de extinción.

El trabajo de campo realizado para caracterizar la diversidad de fauna silvestre en el polígono del SAR dio como resultado un listado general de 149 especies agrupando todas las taxas observadas directa e indirectamente más las obtenidas mediante entrevistas. No obstante, de este gran total, las aves tuvieron la mayor diversidad de entre las cuatro clases con 123 especies. Muy abajo estuvieron los mamíferos con 17 especies, los anfibios con seis y, por último, los reptiles con solo tres especies.

Las seis especies de anfibios estuvieron agrupadas en cuatro géneros y tres familias, todas pertenecientes al orden Anura. La familia bufonidae (sapos) fue la más diversa, agrupando a la mitad de los anfibios, con tres especies y dos géneros. La familia ranidae tuvo dos especies, ambas pertenecientes al género *Lithobates*, y la familia Eleuthrodactylidae tuvo una especie; ambas familias agrupan a especies de ranas.

Las tres especies de reptiles identificadas pertenecen a dos géneros y mismo número de familias, ambas del orden Squamata. De las especies, una es la culebra de agua del género *Thamnophis*, y dos lagartijas del género *Sceloporus*.

La clase Mammalia agrupa a seis órdenes, 12 familias, 15 géneros y 17 especies. El género Sciurus fue el único que tuvo más de una especie, en este caso fueron tres especies de ardillas. El orden Carnivora estuvo integrado por

cinco familias y ocho géneros y especies. Los órdenes Rodentia y Artiodactyla tuvieron dos familias en ambos casos, solo que el primero agrupa cuatro especies y el segundo solo dos. Por último, los órdenes Cingulata, Didelphimorphia y Lagomorpha solo tuvieron una familia, género y especie, en cada caso.

Las 123 especies de aves se agrupan en 14 órdenes, 31 familias y 85 géneros. El orden Passeriforme tuvo 17 familias, el orden Galliforme dos y los restantes 12 órdenes solo tuvieron una sola familia. Las familias Parulidae y Tyrannidae, del orden Passeriformes, fueron las más diversas con 16 especies cada una, con la diferencia que la primera está presente con ocho géneros y la segunda con 10. A estas familias les siguió la familia Cardinalidae, también del orden, Passeriformes, con 10 especies y cinco géneros. Por el contrario, 11 familias tuvieron una sola especie y cinco dos especies, el resto de las 12 familias tuvieron entre tres y nueve especies.

Del listado general de las 149 especies de fauna silvestre identificadas, solo 16 de ellas se encuentran incluidas en la lista de especies en riesgo de la norma oficial mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010. De estas 16 especies, seis se encuentran clasificadas como especies sujetas a protección especial (Pr), siete como especies amenazadas (A) y tres en peligro de extinción (P).

De las seis especies de anfibios, solo la rana leopardo (*Lithobates berlandieri*) se encuentra clasificada como especie sujeta a protección especial. En el caso de los reptiles, dos de las especies observadas se encuentran en la lista de NOM-059-SEMARNAT-2010, la culebra de agua (*Thamnophis eques*) como especie amenazada y la lagartija escamosa del mezquite (*Sceloporus grammicus*) como sujeta a protección especial.

En el grupo de los mamíferos se identificaron tres especies de la lista general de 17 especies de mamíferos. Los tres mamíferos en categoría el yaguarundi (*Herpailurus yagouaroundi*) se clasifica como especie amenazada, y el tigrillo (*Leopardus wiedii*) y el viejo de monte (*Eira barbara*) cono especies en peligro de extinción.

En el caso de las aves, al ser la clase con mayor diversidad dentro de las especies de fauna silvestre determinada, también existe un mayor número de especies en categoría de riesgo, con 10 de las 16 especies bajo esta categoría. De las 10 especies de aves en la lista de la NOM-059-SEMARNAT-2010, cinco de ellas se clasifican como especies amenazadas, cuatro como especies sujetas a protección especial y una en peligro de extinción.

## IV.3.7. Cambio climático

### IV.3.7.1. Emisión de gases de efecto invernadero

Las causas que originan el cambio climático se diferencian en dos grupos, por un lado, se tienen las causas atribuidas a fenómenos naturales y, por otro lado, las causas de origen antrópico. Las causas naturales han actuado desde la existencia de la Tierra en los patrones de variación del calentamiento y enfriamiento global, entre estas tenemos las erupciones volcánicas, las variaciones de la radiación solar, los desplazamientos tectónicos y los pequeños cambios en la órbita. No obstante, las mayores variaciones y cambios más rápidos del calentamiento global se dá por efecto de las causas antrópicas.

Entre las causas humanas que influyen en el calentamiento global están el uso de combustibles fósiles como fuente de energía, procesos industriales, manejo de residuos y la tala de áreas boscosas (sumideros de carbono).

El uso de fuente fósiles como combustibles generan emisiones de gases de efecto invernadero como el dióxido de carbono ($CO_2$), el metano ($CH_4$) y el óxido nitroso ($N_2O$). Las principales fuentes de gases de efecto invernadero son:

Transporte, generación de electricidad, industria y fabricación, agricultura, desarrollo de petróleo y gas, edificios, deforestación (ver, https://www.nrdc.org/es/stories/cuales-son-causas-cambio-climatico#estilo)

La mayoría de los gases de efecto invernadero siempre han existido en la atmósfera y su ciclo es parte de procesos naturales. Los GEI se clasifican de acuerdo con su efecto en directos e indirectos. Los gases de efecto directo son: el dióxido de carbono ($CO_2$), metano ($CH_4$), óxido nitroso ($N_2O$), hidrofluorocarbonos (HFC), perfluorocarbonos (PFC) y hexafluoruro de azufre ($SF_6$). Y, los de efecto indirecto son: el monóxido de carbono (CO), óxidos de nitrógeno (NOx), compuestos orgánicos volátiles diferentes de metano (COVDM), y dióxido de azufre ($SO_2$).

Este tipo de gases tienen diferentes fuentes de generación, los cuales están relacionados con la especificidad de los procesos en los que se generan. A continuación, se describe brevemente las fuentes y procesos de los principales GEI.

- Dióxido de carbono ($CO_2$): El dióxido de carbono se genera de forma natural a partir de la respiración de los seres vivos, la descomposición de la materia orgánica, la actividad volcánica y los incendios naturales, siendo parte del ciclo de carbono. Derivado de la actividad humana, el $CO_2$ se genera por la quema de combustibles fósiles (carbón, derivados de petróleo y gas); reacciones químicas en procesos de manufactura (producción de cemento y acero) y por el cambio de uso de suelo (deforestación).
- Metano ($CH_4$): Se produce de forma natural metano por la descomposición anaeróbica de la materia orgánica, la digestión de los rumiantes y las erupciones volcánicas. Dentro de las actividades humanas que lo producen son la ganadería, la agricultura (principalmente cultivos de arroz) y emisiones fugitivas en minas y pozos petroleros.
- Óxido nitroso ($N_2O$): El óxido nitroso es producto de la descomposición bacteriana de la materia orgánica. Además, se emite derivado de la producción y uso de fertilizantes nitrogenados y la quema de combustibles fósiles.
- Ozono troposférico ($O_3$): Es un compuesto secundario puesto que no se emite de forma directa, sino que se forma por la reacción de compuestos precursores como el monóxido de carbono, los compuestos orgánicos volátiles y el metano, con la luz solar. Es uno de los principales contaminantes del aire que afectan tanto la salud humana, de los ecosistemas y al clima.
- Hidrofluorocarbonos (HFC): Derivado de los procesos de manufactura y usados como refrigerantes.
- Perfluorocarbonos (PFC): Se produce en la obtención de aluminio, fabricación de semiconductores, sustituto de las sustancias destructoras del ozono.
- Hexafluoruro de azufre ($SF_6$): Derivado de la producción y uso en equipos eléctricos, fabricación de semiconductores, obtención de magnesio y aluminio.

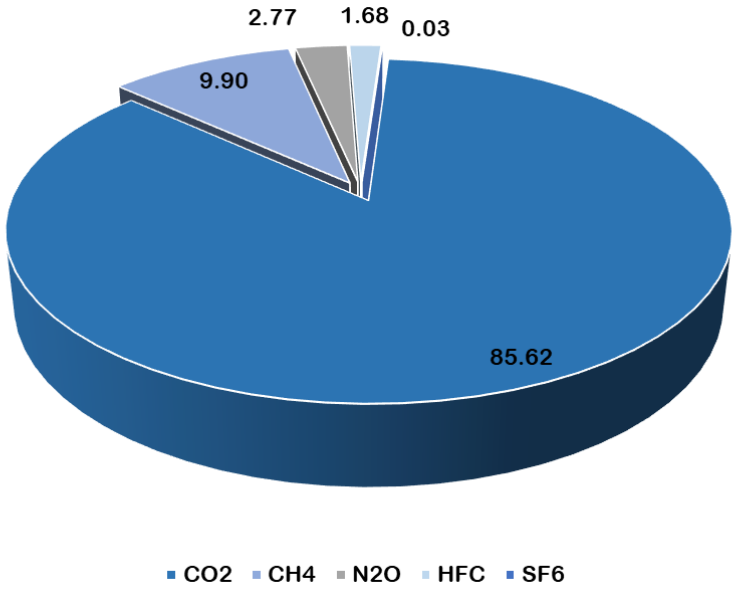
La cantidad de emisiones de GEI que tienen lugar en una región determinada se reportan a través de la equivalencia en $CO_2$ ($CO_{2\text{-eq}}$), siendo este el gas más conocido, por lo que se tomó este como el de referencia del resto de los GEI y causantes del calentamiento global. Para la conversión de las emisiones de otros gases y reportarlos como $CO_{2\text{-eq}}$ se utilizan fórmulas específicas para cada gas y origen de la emisión, las cuales están descritas en el "Acuerdo que establece las particularidades técnicas y las fórmulas para la aplicación de metodologías para el cálculo de emisiones de gases o compuestos de efecto invernadero", publicado en el DOF del 03 de septiembre de 2015.

En 2023, Cruzado et al. (2023) presentaron el inventario de gases de efecto invernadero a nivel estatal y municipal con base a resultados del año 2019. De acuerdo con los resultados presentados a nivel estatal se emitieron 22'694,406 toneladas de dióxido de carbono equivalente ($CO_{2\text{-eq}}$). Considerando en su análisis cuatro categorías en

las que se dividieron las fuentes emisoras de GEI, se tiene que la categoría de energía participó con el 75.72% de las emisiones totales, las cuales provienen de la industria de la energía, industria de manufactura y de la construcción, transporte, emisiones fugitivas de la fabricación de combustibles y otros sectores (comercial, industrial y residencia).

En segundo y tercer lugar se tienen las emisiones de la categoría de procesos industriales y uso de productos y el manejo de residuos con el 19.39 y 3.85%, respectivamente. Por último, las actividades agropecuarias, forestales y otros usos de la tierra participan con el 1.05%.

Las emisiones de gases de efecto directo que se consideraron en el análisis son: $CO_2$, $CH_4$, $N_2O$, HFC y $SF_6$. A nivel estatal, las emisiones dominantes son las de $CO_2$, participando con el 85.62% de las emisiones totales de $CO_{2e}$ (Figura IV.115). En segundo y tercer lugar se tienen las emisiones de $CH_4$ y $N_2O$, con el 9.90 y 2.77%, respectivamente. Por último, las emisiones de HFC y $SF_6$, fueron poco significativas, implicando el 1.68 y 0.03% de las emisiones totales de GEI.




Fuente: Adaptado de Cruzado et al. (2023).

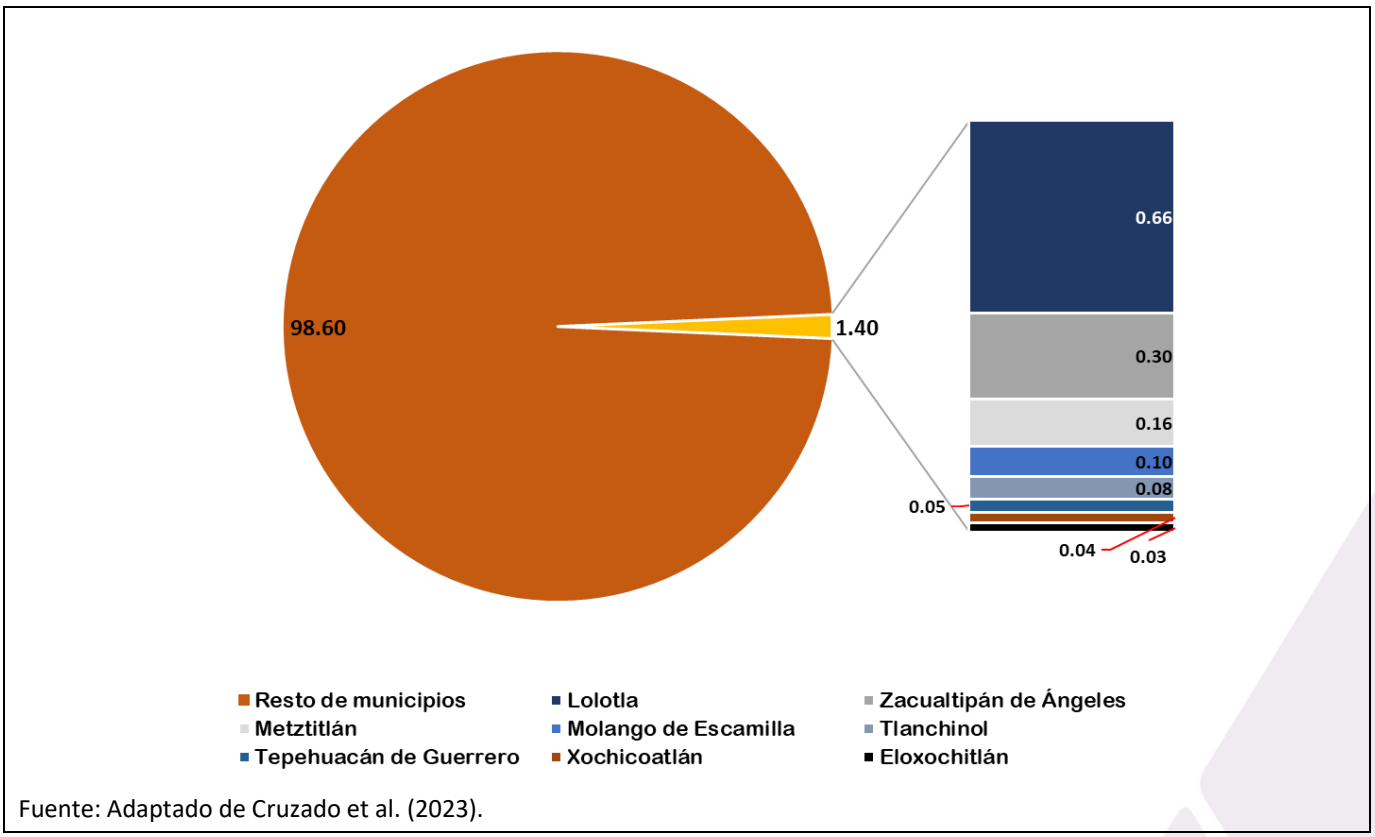
*Figura IV.115. Participación de las emisiones de GEI en las emisiones totales en el estado de Hidalgo en 2019.*

A nivel municipal, Cruzado et al. (2023) presentaron una estimación de las emisiones a nivel municipal. En su análisis no consideraron todas las categorías que se utilizaron en las estimaciones de GEI a nivel estatal, debido a que alguna información solo se tiene a nivel estatal y no a nivel municipal. De ahí que el resultado de emisiones totales de los municipios no coincide con las emisiones totales a nivel estatal.

La estimación de emisiones de GEI a nivel municipal sumó 18’211,879 t anuales de $CO_{2e}$. De los 84 municipios que conforman el estado de Hidalgo, el municipio de Tula de Allende emitió el 54.98% de las emisiones totales estimadas a nivel municipal. La operación de la refinería Miguel Hidalgo, también llamada Refinería de Tula, es la razón por la que este municipio tiene las mayores emisiones de GEI del estado.

Los ocho municipios evaluados que forman parte del SAR participan con el 1.40% de las emisiones totales de GEI del estado (Figura IV.116). El municipio de Lolotla es el que tiene mayores emisiones de los ocho, estimadas en

119,334 t anuales de $CO_{2e}$, lo que implica el 0.66% de las emisiones anuales del estado. En segundo y tercer lugar se ubican los municipios de Zacualtipán de Ángeles y Metztitlán con el 0.30 y 0.16% de las emisiones totales anuales. Los municipios que menos participación tienen en las emisiones de GEI son Eloxochitlán y Xochicoatlán, los cuales solo aportan el 0.03 y 0.04% de las emisiones estatales.




Fuente: Adaptado de Cruzado et al. (2023).

*Figura IV.116. Participación de los municipios inmersos en el SAR en las emisiones totales de GEI en el estado de Hidalgo en el 2019.*

### IV.3.7.2. Evaluación de zonas vulnerables al cambio climático

El cambio climático representa ser a nivel mundial uno de los mayores desafíos ambientales, sociales y económicos en la actualidad. En México, el estado de Hidalgo, caracterizado por su diversidad climática, ecológica y social, presenta múltiples zonas susceptibles a sus efectos, como sequías prolongadas, pérdida de biodiversidad y alteraciones en los patrones de precipitación. Derivado de lo anterior, es importante identificar áreas vulnerables a los efectos climáticos para diseñar estrategias adecuadas de adaptación y mitigación.

Existen diversos métodos para identificar las zonas vulnerables a los cambios de las condiciones ambientales promedio en una región. El modelado de nicho ecológico (MNE) es uno de los métodos más utilizados. Este método tiene como objetivo caracterizar la relación de las especies con su medio ambiente para proyectar en la geografía los lugares donde pueden estar los organismos representativos de los ecosistemas y que pudieran ayudar a explicar la vulnerabilidad al cambio climático (Cuervo-Robayo et al., 2003). En ese sentido, conocer el comportamiento que podrían tener especies altamente asociadas a un ecosistema en particular resulta sumamente importante a la hora

de la toma de decisiones y la canalización de recursos (Wiens et al., 2009; Martínez-Meyer et al., 2017; Prieto-Torres et al., 2021).

Por tal motivo, para evaluar la vulnerabilidad del territorio correspondiente al SAR y las AP del proyecto e identificar las zonas que serán más impactadas por los efectos del cambio climático, se realizó el modelamiento actual y proyectado de los nichos ecológicos de especies altamente asociadas a los tipos de vegetación presentes en el área.

Este ejercicio se realiza con el objetivo general de evaluar los posibles impactos del cambio climático sobre la distribución potencial de especies vegetales representativas del ecosistema local dentro del polígono del SAR del proyecto, con el fin de identificar zonas de vulnerabilidad y resiliencia climática que permitan orientar estrategias de adaptación, conservación y planificación territorial.

Además, como objetivos específicos, este ejercicio se plantea:

- Seleccionar especies vegetales representativas de la vegetación nativa dentro del SAR de las unidades mineras del Distrito Minero Autlán, con base en su importancia ecológica y valor de importancia (IVI), para ser utilizadas como indicadores del cambio climático.
- Modelar la distribución potencial actual y futura (año 2040) de las especies seleccionadas mediante técnicas de modelado de nicho ecológico bajo un escenario intermedio de emisiones (SSP3-7.0), y tres modelos generales de circulación.
- Analizar los cambios en la riqueza de especies mediante la comparación espacial entre mapas binarios de distribución al presente y al futuro, con el objetivo de identificar áreas con pérdida, ganancia o estabilidad climática.
- Evaluar el cambio en variables ambientales clave (temperatura media anual, estacionalidad térmica, precipitación anual y estacionalidad de la precipitación), para estimar las transformaciones climáticas esperadas en las áreas de estudio.
- Proporcionar información base que permita la identificación de zonas vulnerables dentro del SAR y de las unidades mineras con el fin de priorizar zonas para conservación, minimizar impactos en nuevas áreas de operación e identificar posibles refugios climáticos para planes de compensación ambiental.

#### IV.3.7.2.1. Metodología para la evaluación de zonas vulnerables

La realización de este ejercicio tomó en cuenta la selección de 13 especies de flora silvestre representativas de los tipos de vegetación presentes dentro del SAR y, por ende, de las AI definidas (Tabla IV.59). Las especies seleccionadas son características de la vegetación que se distribuye en la región y presentan valores altos del Índice de Valor de Importancia (IVI), lo que las convierte en elementos clave para representar la estructura y composición del hábitat local. Debido a su importancia ecológica y su estrecha asociación con las condiciones ambientales del sitio, estas plantas fueron utilizadas como especies *proxy* para modelar la respuesta potencial del ecosistema al cambio climático.

Su distribución permite inferir no solo la estabilidad o vulnerabilidad de la vegetación ante futuros escenarios climáticos, sino también identificar zonas que podrían funcionar como refugios climáticos o, en contraste, áreas con alta exposición y susceptibilidad a largo plazo. Este enfoque puede facilitar la planificación de medidas de conservación basadas en la resiliencia del hábitat.

***Tabla IV.59. Especies de flora silvestre residentes del estado de Hidalgo y representativas de los tipos de vegetación presentes en el SAR seleccionadas para el estudio de vulnerabilidad al cambio climático.***

| ID | Nombre común | Nombre científico |
|---|---|---|
| 1 | Helecho maquique | *Alsophila firma* |
| 2 | Palo mulato | *Bursera simaruba* |
| 3 | Lechillo | *Carpinus caroliniana* |
| 4 | Mamojuaxtle | *Clethra mexicana* |
| 5 | Drago | *Croton draco* |
| 6 | Maquique | *Cyathea fulva* |
| 7 | Palo escrito | *Dalbergia palo-escrito* |
| 8 | Fresno mexicano | *Fraxinus udhei* |
| 9 | Jonote | *Heliocarpus appendiculatus* |
| 10 | Liquidámbar | *Liquidambar styraciflua* |
| 11 | Pino prieto | *Pinus greggii* |
| 12 | Álamo blanco | *Platanus mexicana* |
| 13 | Encino blanco | *Quercus sartorii* |

### IV.3.7.2.2. Modelado de nicho ecológico y distribución potencial

Para estimar los posibles efectos del cambio climático sobre la distribución de las 13 especies de flora silvestre seleccionadas, se emplearon modelos de nicho ecológico usando el algoritmo MaxEnt v3.4.3 y el paquete *kuenm* en R (Cobos et al., 2019). Se utilizaron datos de ocurrencia descargados de GBIF, los cuales fueron sometidos a un proceso de limpieza, tanto geográfica como ecológica. Esto incluyó la eliminación de coordenadas erróneas o duplicadas, registros fuera del intervalo intercuartílico de temperatura, precipitación y elevación para el periodo 1970–2000, y la exclusión de registros previos a 1970. Asimismo, se conservaron únicamente localidades únicas dentro de un radio de ~1 km² para coincidir con la resolución de las capas ambientales.

El área de calibración (M) para cada especie fue delimitada usando la intersección de las provincias geográficas de México (Morrone et al., 2022) y las ecorregiones terrestres del mundo (Dinerstein et al., 2017). Se descargaron 19 variables bioclimáticas de CHELSA v2.1 (Karger et al., 2017). y una capa de elevación (USGS, 2001), excluyendo las variables Bio8, Bio9, Bio18 y Bio19 por presentar artefactos espaciales. Para reducir la multicolinealidad entre predictores, se aplicó un análisis de VIF, conservando únicamente variables con VIF < 10. Las capas ambientales fueron recortadas según el área M de cada especie.

El modelado fue realizado con MaxEnt, calibrado con el paquete *kuenm*, utilizando un solo conjunto de variables ambientales. Para cada especie, se generaron 570 modelos candidatos combinando diferentes multiplicadores de regularización (0.5–8) y clases de características (lineal, cuadrática, producto, umbral). Los modelos se evaluaron con base en tres criterios: (1) significancia estadística mediante ROC parcial (E = 5%, 500 repeticiones), (2) tasa de omisión ≤ 5%, y (3) valor más bajo de AICc. Los modelos seleccionados se replicaron 10 veces por bootstrap, y se proyectaron al presente y al año 2040 utilizando un escenario intermedio de emisiones de gases de efecto invernadero (SSP3-7.0), propuesto en el Sexto Informe de Evaluación del IPCC (IPCC, 2021). Este escenario plantea

un desarrollo regional fragmentado, con una alta dependencia de combustibles fósiles y esfuerzos limitados de mitigación del cambio climático. Para representar la variabilidad entre modelos, se incluyeron tres Modelos de Circulación General (GCM): GFDL-ESM4 (desarrollado por NOAA, con enfoque en la interacción océano-atmósfera y ciclos biogeoquímicos), MPI-ESM1-2 (del Instituto Max Planck, conocido por su precisión en simulaciones climáticas globales de largo plazo) y UKESM1-0-LL (del Met Office del Reino Unido, que integra procesos atmosféricos y biogeoquímicos con alta resolución espacial).

#### IV.3.7.2.3. Análisis espacial de riqueza y cambio climático

Para evaluar los posibles cambios espaciales en la distribución de especies dentro de la región de estudio, se construyeron mapas binarios de distribución potencial para las 13 especies de plantas residentes con el umbral del 10 percentil ("10th percentile training presence"), y se integraron por consenso entre los tres modelos climáticos (presencia = 1 cuando al menos 2 de 3 modelos coincidieron). Posteriormente, fueron recortados a la extensión geográfica del polígono de estudio y se calcularon mapas de riqueza de especies mediante la suma de los mapas binarios por periodo (presente y futuro), generando así representaciones espaciales del número de especies potencialmente presentes en cada celda como una medida del impacto climático local sobre la flora de la región.

La diferencia entre los mapas de riqueza permitió identificar áreas con pérdida, ganancia o estabilidad en la riqueza de especies bajo escenarios de cambio climático. Las celdas que mostraron una reducción en el número de especies se interpretaron como zonas potencialmente vulnerables, mientras que aquellas con valores constantes o en aumento se consideraron áreas estables o de posible refugio climático.

Adicionalmente, se calcularon los valores promedio de cuatro variables bioclimáticas clave (temperatura media anual – Bio1, estacionalidad de la temperatura – Bio4, precipitación anual – Bio12 y estacionalidad de la precipitación – Bio15) para el presente y el año 2040, utilizando los mapas de capas bioclimáticas correspondientes. Para ello, se generaron capas climáticas promedio a partir de tres modelos de circulación general (GFDL-ESM4, MPI-ESM1-2 y UKESM1-0-LL) bajo el escenario SSP3-7.0. Las diferencias promedio entre periodos permitieron cuantificar los cambios esperados en las condiciones climáticas dentro del polígono de estudio.

Finalmente, se extrajeron los valores de dichas variables, tanto para los registros de presencia actuales como para las celdas donde las especies se proyectan para el futuro, con el fin de comparar directamente los cambios esperados en las condiciones ambientales locales. Este análisis complementa la interpretación de los patrones de pérdida, ganancia y estabilidad observados en los mapas de riqueza.

Todos los análisis posteriores al modelado fueron realizados en R versión 4.3.2 (R Core Team, 2023), utilizando los paquetes *sp* (Pebesma & Bivand, 2005), *sf* (Pebesma, 2018), *tidyverse* (Wickham et al., 2019), *raster* (Hijmans, 2023) y *terra* (Hijmans, 2024).

## IV.3.7.3. Resultados de la evaluación de vulnerabilidad al cambio climático

### IV.3.7.3.1. Distribución potencial actual y futura de las especies representativas de vegetación nativa

Los mapas de distribución potencial muestran que la mayoría de las especies evaluadas presentan una reducción considerable en su área climáticamente adecuada dentro del polígono de Hidalgo y del polígono del SAR para el año 2040 (Figura IV.117). Este patrón sugiere que, bajo escenarios de cambio climático, gran parte del territorio actualmente idóneo para estas especies podría dejar de serlo en las próximas décadas.

El análisis realizado también arrojó algunas excepciones importantes entre las especies seleccionadas para la evaluación. En particular, *Alsophila firma*, *Croton draco* y *Platanus mexicana* muestran áreas de idoneidad climática proyectada que se mantienen distribuidas a lo largo de casi toda la extensión del polígono del SAR, lo que sugiere una persistencia potencial bajo el escenario considerado. Mientras que, por otro lado, el lechillo (*Carpinus caroliniana*) es una especie que prácticamente no sufre cambios en su distribución espacial en el periodo analizado en la región, por lo que se puede decir que se trata de una especie que no es vulnerable.

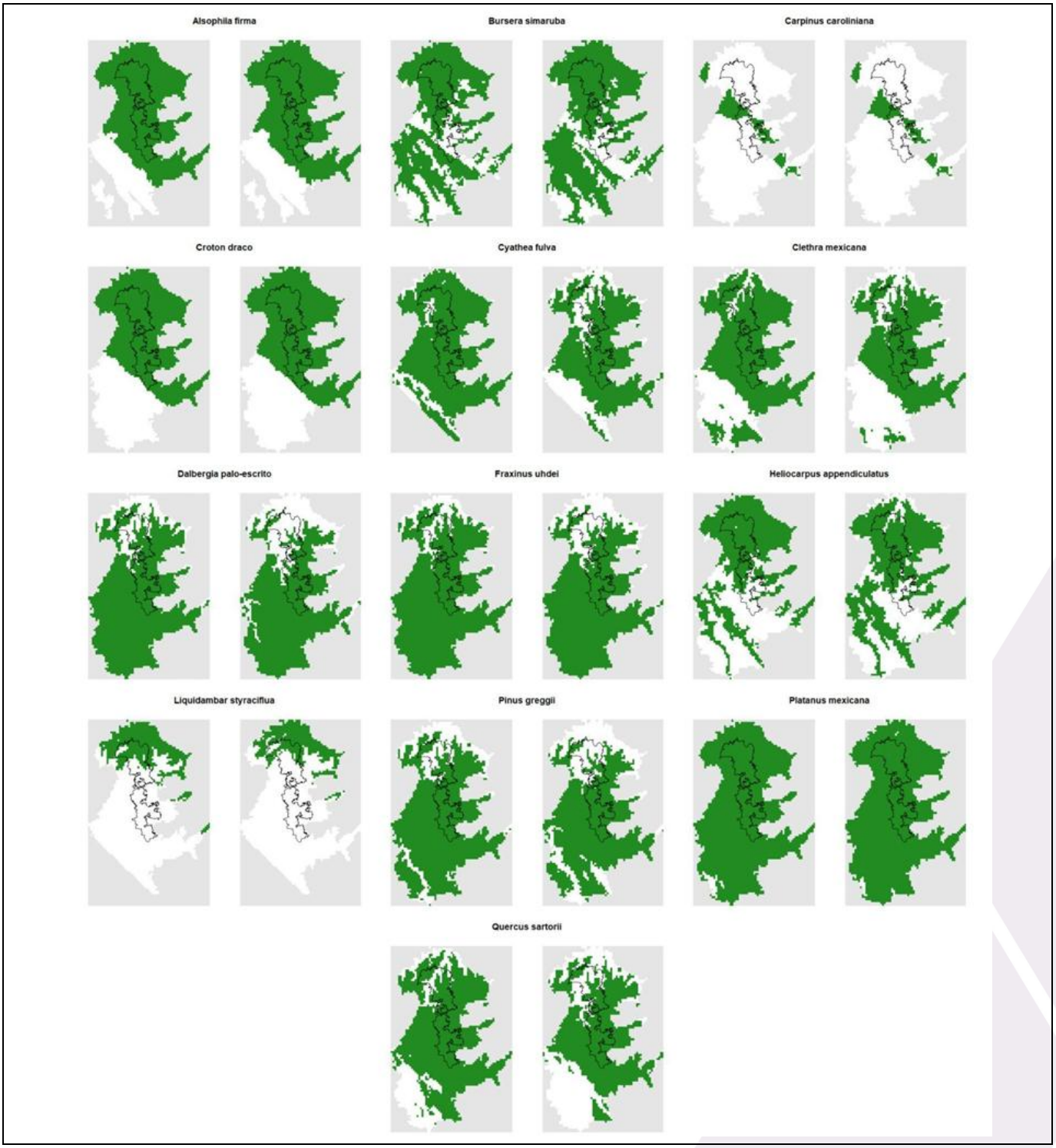



*Figura IV.117. Distribución potencial actual y proyectada al año 2040 bajo para las 13 especies de flora silvestre representativas del área de estudio bajo escenarios de cambio climático.*

En cada par de mapas, la distribución potencial actual (presente) se muestra a la izquierda y la proyectada para el futuro (2040) a la derecha. El color verde indica las zonas con condiciones ambientales adecuadas para la presencia

de la especie, mientras que el blanco indica ausencia dentro del polígono del SAR de las unidades mineras de Autlán. Las áreas grises corresponden a zonas fuera del polígono de Hidalgo. Las especies seleccionadas son características de la vegetación local y tienen alto valor ecológico, por lo que se consideran indicadoras de los posibles efectos del cambio climático sobre la estructura del hábitat.

Es importante señalar que la resolución espacial utilizada (aproximadamente 1 km²), puede no capturar las condiciones microclimáticas más finas que podrían influir de manera significativa en la distribución real de las especies, especialmente en regiones montañosas con alta heterogeneidad ambiental. Además, los modelos solo consideran variables climáticas, por lo que no integran otros factores determinantes como el cambio de uso de suelo, la fragmentación del hábitat o las interacciones bióticas, los cuales también pueden limitar la capacidad de las especies para establecerse o persistir en zonas que, climáticamente, parecerían adecuadas.

#### IV.3.7.3.2. Zonas de vulnerabilidad y estabilidad climática en el futuro

El mapa de estabilidad climática muestra los cambios esperados en la riqueza de especies vegetales con base en la comparación entre mapas de distribución potencial al presente y al futuro (año 2040, escenario climático SSP3-7.0), generado de manera integral para 13 especies seleccionados para el análisis de vulnerabilidad. Los valores de diferencia fueron reclasificados en cinco categorías: pérdida alta, pérdida moderada, estabilidad, ganancia moderada y ganancia alta. Esta clasificación permite identificar áreas vulnerables al cambio climático, así como zonas climáticamente estables que podrían funcionar como refugios en el futuro. La capa de fondo corresponde a una imagen satelital para facilitar la referencia espacial y el contorno negro delimita el SAR del proyecto.

De acuerdo con el resultado arrojado por la metodología empleada, las áreas más vulnerables a la pérdida de riqueza por efectos climáticos se encuentran en la zona norte del polígono del SAR, así como al noroeste y centro-oeste del polígono, pero en este caso fuera del polígono del SAR, en la zona aledaña a este, principalmente en área de los municipios de Lolotla, Tlanchinol y Tepehuacán de Guerrero (Figura IV.118; Tabla IV.60). De acuerdo con el análisis realizado, ambas zonas mencionadas resultaron ser las de mayor pérdida de riqueza alta y moderada, así como los municipios con mayores pérdidas.

La zona centro y centro sur del polígono del SAR resultaron ser las zonas del SAR que se consideran estable y de ganancia moderada de riqueza de especies de flora silvestre, áreas pertenecientes a los municipios de Xochicoatlán y Molango de Escamilla, principalmente. En estas zonas del SAR se encuentran dispersas algunas pequeñas áreas que se llegan a clasificar con zonas de pérdida moderada, siendo más significativa su extensión hacia la parte sur del polígono, en áreas de los municipios de Metztitlán, Zacualtipán de Ángeles y Xochicoatlán.

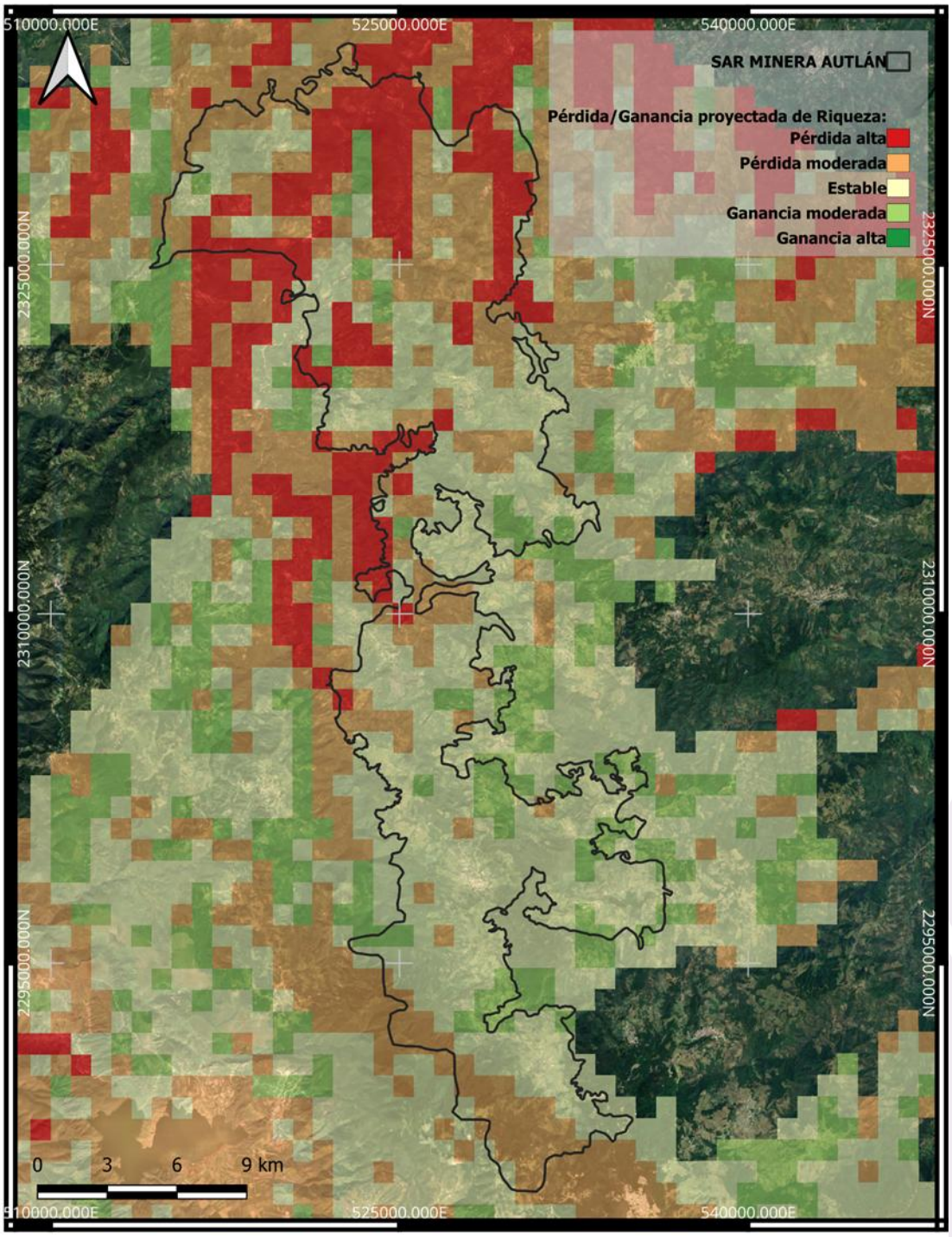



*Figura IV.118. Zonas de vulnerabilidad y estabilidad climática proyectadas para el año 2040 dentro del SAR de las unidades mineras de Autlán en el estado de Hidalgo.*

Dentro del polígono del SAR, predominan las áreas consideradas como estables, implicando el 47.7% del área total del polígono. En segundo lugar, se encuentra el área con pérdida moderada, sumando el 27.1% del polígono, seguido

por el área clasificada con pérdida alta (16.5%). Las zonas con menor representación es la considerada como de ganancia modera, abarcando solo el 8.8% del SAR, y sin encontrarse áreas con ganancia alta de riqueza de especies.

***Tabla IV.60. Pérdida, estabilidad y ganancia de riqueza de especies de flora silvestre en municipios dentro del SAR de las unidades mineras de Autlán.***

| Municipio | Pérdida (%) | | Sin cambio (%) | Ganancia (%) | |
|---|---|---|---|---|---|
| | Alta | Moderada | Estable | Moderada | Alta |
| Metztitlán | 0.0 | 76.5 | 23.5 | 0.0 | 0.0 |
| Xochicoatlán | 0.0 | 10.9 | 76.6 | 12.5 | 0.0 |
| Molango de escamilla | 3.6 | 16.1 | 69.6 | 10.7 | 0.0 |
| Zacualtipán de Ángeles | 0.0 | 50.0 | 50.0 | 0.0 | 0.0 |
| Eloxochitlán | 0.0 | 16.7 | 50.0 | 33.3 | 0.0 |
| Lolotla | 20.2 | 34.0 | 37.2 | 8.5 | 0.0 |
| Tlanchinol | 28.8 | 30.8 | 36.5 | 3.8 | 0.0 |
| Tepehuacán de Guerrero | 32.0 | 29.5 | 30.3 | 8.2 | 0.0 |
| Juárez Hidalgo | 40.0 | 60.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| **SAR** | **16.5** | **27.1** | **47.7** | **8.8** | **0.0** |

A nivel municipal, se observa que algunos municipios presentan una mayor proporción de estabilidad, mientras que otros tienen un predominio de pérdida de riqueza, con pocos casos de ganancia significativa. Por ejemplo, en el caso de la pérdida de riqueza el municipio de Juárez Hidalgo presenta un 40% de pérdida en la categoría alta y 60% en la moderada, lo que sugiere que todo su territorio dentro de la SAR muestra signos de declive.

Es importante mencionar que en las zonas del SAR dentro de los municipios como Tlanchinol y Tepehuacán de Guerrero, los porcentajes de pérdida (alta y moderada) superan o se acercan al 60%, evidenciando zonas potencialmente vulnerables a cambios climáticos o procesos de degradación ambiental. En cuanto a las zonas estables, se puede encontrar un porcentaje elevado en Xochicoatlán (76.6%), lo cual indica que la mayor parte del área ha mantenido condiciones constantes, lo que puede interpretarse como resiliencia o estabilidad climática en ese sector.

En cuanto a la ganancia, ciertos sectores pueden experimentar mejoras o incrementos en la riqueza, sin embargo, en la mayoría de los municipios no se observa ganancia alta, algunas zonas pueden mostrar porcentajes moderados (por ejemplo, Eloxochitlán con 33.3% de ganancia moderada), lo que puede indicar que se podrían implementar procesos de recuperación para mejorar la efectividad de algunas medidas de adaptación o manejo ambiental de la flora.

#### IV.3.7.3.3. Proyección del cambio climático local

En términos de condiciones ambientales, los análisis promedio de las variables climáticas entre el presente y el peor escenario para el 2040 indican un aumento estimado en la temperatura media anual de aproximadamente 2.38 °C,

acompañado por una disminución de 42.81 mm en la precipitación anual (Tabla IV.61). Este resultado implicaría un fuerte proceso de aridificación en la región de estudio. Además, la estacionalidad de la temperatura podría incrementar, lo que implica una distribución más desigual de la temperatura a lo largo del año.

Los cambios resultantes en las variables climatológicas evaluadas pueden representar un reto importante para la persistencia de muchas especies vegetales, ya que el incremento en la variabilidad climática y la reducción de agua disponible podrían alterar significativamente las condiciones que permiten su establecimiento y dispersión.

***Tabla IV.61. Cambio climático local en sitios de ocurrencia de las especies de plantas modeladas para el año 2040.***

| Variable | Diferencia respecto al presente |
|---|---|
| Temperatura | +2.38°C |
| Estacionalidad de la temperatura | +9.36 |
| Precipitación anual | -42.81 mm |
| Estacionalidad de la precipitación | -6.60 |

En consecuencia, los modelos utilizados en la evaluación de vulnerabilidad al cambio climático realizada proyectan una pérdida potencial generalizada de riqueza de especies en un futuro. No obstante, se puede identificar un comportamiento diferenciado entre zonas dentro del polígono del SAR, estimándose una pérdida de riqueza de especies en las zonas más bajas y cálidas del polígono y, por otro lado, las zonas de mayor altitud pueden funcionar como refugios climáticos.

### IV.3.7.4. Conclusiones del análisis de vulnerabilidad climática

Los resultados de este estudio evidencian que gran parte del territorio evaluado, especialmente en la zona norte del polígono, podría experimentar una pérdida considerable de idoneidad climática para algunas especies de plantas características del ecosistema local. Esta tendencia señala un proceso de aridificación que pondría en riesgo la estabilidad ecológica de la región. A pesar de ello, se identificaron áreas que podrían mantener condiciones climáticas favorables, particularmente en zonas elevadas, las cuales podrían actuar como refugios climáticos a largo plazo.

Estos hallazgos permiten delimitar con mayor precisión las zonas de alta vulnerabilidad al cambio climático, así como aquellas con potencial de resiliencia. Esta información es clave para orientar promoviendo acciones de conservación, restauración y uso sostenible en las áreas más sensibles. Se recomienda priorizar la protección y manejo de las zonas estables y de ganancia potencial de riqueza, así como implementar medidas de adaptación ecológica en las zonas de mayor pérdida proyectada, como revegetación con especies nativas tolerantes al cambio climático o bancos de germoplasma.

En este contexto, el monitoreo continuo de la vegetación y del clima local, acompañado por estudios complementarios sobre uso de suelo e interacciones ecológicas, será esencial para anticipar escenarios de riesgo y tomar decisiones informadas.

## Referencias

Aranda, M.J., 2012. Manual para el rastreo de mamíferos terrestres de México. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. México. 255 p.

Arriaga C., L., Espinoza-Rodríguez, J. M., Aguilar-Zúñiga, C., Martínez-Romero, E., Gómez-Mendoza, L., y Loa L., E., 2000. Regiones Terrestres Prioritarias de México. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. 609 p.

Báez C., L., Garret R., G., Pérez G., D., Moreno A., B., Fierro A., U. J., y Hernández G., M. G., 2012. Los pueblos indígenas de Hidalgo: Atlas etnográfico. INAH – Gobierno del Estado de Hidalgo. 407 p.

Barrios R., A. G., y Quiñonez, E., 2000. Evaluación de la erosión utilizando el modelo (R)USLE, con apoyo de SIG. Aplicación en una microcuenca de los andes venezolanos. Rev. Forest. Venez. 44(1): 65 – 71.

Berlanga, H., Gómez, H., Vargas, V., Rodríguez, V., Sánchez, L., Ortega, R., y Calderón, R. (2015). Aves de México. Lista actualizada de especies y nombres comunes. México D.F: CONABIO.

BirdLife International. 2020. Important Bird Areas. http://www.birdlife.org. Fecha de consulta: 14 de enero de 2025.

Bolaños G., M. A., Paz P., F., Cruz G., C. O., Argumedo E., J. A., Romero B., V. M., y de la Cruz C., J. C., 2016. Mapa de erosión de los suelos de México y posibles implicaciones en el almacenamiento de carbono orgánico del suelo. Terra Latinoamericana 34: 271 – 288.

Cabella, W., y Nathan, M., 2018. Los desafíos de la baja fecundidad en América Latina y el Caribe. Edts. Esteban Caballero, Pablo Salazar, Lorna Jenkins y Daniel Macadar. En: https://lac.unfpa.org/sites/default/files/pub-pdf/Baja fecundidad en ALC - versión web español.pdf. Consultado: Diciembre, 2021.

Calderón de R, G., Rzedowski, J., y colaboradores 2005. Flora fanerogámica del Valle de México. 2a. ed., 1a reimp., Instituto de Ecología, A.C. y Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. Pátzcuaro, Michoacán. 1406 p.

Fick, S. E., y Hijmans, R. J., 2017. WorldClim 2: New 1-km spatial resolution climate surfaces for global land areas. *International Journal of Climatology*, 37(12): 4302–4315. https://doi.org/10.1002/joc.5086

Casas-Andreu, G., Valenzuela-López, G., y Ramírez-Bautista, A., 1991. Cómo hacer una colección de anfibios y reptiles. En: https://www.researchgate.net/publication/267212780_Como_hacer_una_coleccion_de_anfibios_y_reptiles. Consultado: Febrero, 2025.

CENAPRED, 2012. Número de días con granizo al año en la República Mexicana, escala: 1:200000. 1ª edición. Centro Nacional de Prevención de Desastres. Distrito Federal Coyoacán. En: http://www.conabio.gob.mx/informacion/gis/?vns=gis_root/riesgo/riehidmet/dgranizogw. Consultada: Octubre, 2024.

CIDIPORT (Centro de Investigación y Desarrollo en Ingeniería Portuaria, Marítima y Costera), y UAT (Universidad Autónoma de Tamaulipas), 2015. Programa de medidas preventivas y de mitigación de la sequía Consejo de Cuenca del Río Pánuco. En:

https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/99942/PMPMS_CC_P_nuco_Parte_1.pdf. Consultado: Noviembre, 2024.

Chávez, C., de la Torre, A., Bárcenas, H., Medellín, R. A., Zarza, H., y Ceballos, G., 2013. Manual de fototrampeo para estudio de fauna silvestre. El jaguar en México como estudio de caso. Alianza WWF-Telcel, Universidad Nacional Autónoma de México, México. En: https://n9.cl/741vo. Consultado: Enero, 2025.

CONAGUA, S/F. Programa hídrico regional 2021 – 2024: región Hidrológica Administrativa IX Golfo Norte. En: https://files.conagua.gob.mx/conagua/generico/PNH/PHR_2021-2024_RHA_IX_GOLFO_NORTE.pdf. Consultado: Noviembre, 2024.

CONAPO (Consejo Nacional de Población), Fundación BBVA Bancomer y BBVA Research, 2012. Anuario de migración y remesas México 2013. 1ra. Edición. México. 111 p.

CONAPO (Consejo Nacional de Población), Fundación BBVA Bancomer y BBVA Research, 2015. Anuario de migración y remesas México 2015. 1ra. Edición. México. 179 p.

CONAPO (Consejo Nacional de Población), Fundación BBVA Bancomer y BBVA Research, 2017. Anuario de migración y remesas México 2017. 1ra. Edición. México. 193 p.

CONAPO (Consejo Nacional de Población), Fundación BBVA Bancomer y BBVA Research, 2019. Anuario de migración y remesas México 2019. 1ra. Edición. México. 193 p.

CONAPO (Consejo Nacional de Población), Fundación BBVA Bancomer y BBVA Research, 2021. Anuario de migración y remesas. México 2021. CONAPO-Fundación BBVA Bancomer-BBVA Research. 1ra edición. México.160 p.

CONAPO (Consejo Nacional de Población), Fundación BBVA Bancomer y BBVA Research, 2023. Anuario de migración y remesas. México 2023. CONAPO-Fundación BBVA Bancomer-BBVA Research. México.140 p.

Crooks, K. R. (2002). Relative Sensitivities of Mammalian Carnivores to Habitat Fragmentation. *Conservation Biology*, 16(2), 488–502.

Cruzado M., J. A., Alvarado H., R. D., Vázquez R., I., Ortega R., M., y Lara V., A. A., 2023. Inventario estatal de emisiones de gases y compuestos de efecto invernadero de Hidalgo. Edt. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales del Gobierno del Estado de Hidalgo. 109 p.

Cuervo-Robayo, A.P, Majarrez G., F. J., Sánchez S., H., Martínez-Meyer, E., 2014. Fortaleciendo los análisis de cambio climático en la aplicación de los modelos de distribución potencial. RI, UAEMex. En: http://ri.uaemex.mx/handle/20.500.11799/59207. Consultado: Abril, 2025.

Decœur, H., Amir, Z., Mendes, C. P., Moore, J. H., & Luskin, M. S. (2023). Mid-sized felids threatened by habitat degradation in Southeast Asia. *Biological Conservation*, 283. https://doi-org.pbidi.unam.mx:2443/10.1016/j.biocon.2023.110103

Demant, A., 1978. Características del Eje Neovolcánico Transmexicano y sus problemas de interpretación. Revista Instituto de Geología, 2: 172-187.

Dragovic, N., y Vulevic, T., 2020. Soil degradation processes, causes, and assessment approaches. In: Leal Filho W., Azul A., Brandli L., Lange Salvia A., Wall T. (eds) Life on Land. Encyclopedia of the UN Sustainable Development Goals. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-319-71065-5_86-1.

FAO, 1980. Metodología provisional para la evaluación de la degradación de los suelos. Roma, Italia. FAOSTAT. 2023. FAO statistical databases. En: http://www.fao.org/faostat/en/#data/OA. Consultado: Mayo, 2024.

FAOSTAT. 2023. FAO statistical databases. En: http://www.fao.org/faostat/en/#data/OA. Consultado: Noviembre, 2024.

Fernández G., E., y del Carpio O., P. S., 2014. Michoacán migrant entrepreneurs in the USA: The case of Huandacareo. Amercian International Journal of Contemporary Research 4(12): 25 – 35 p.

Ferrari, L., Orozco-Esquivel, T., Manea, V., Manea, M., 2012. The Dynamic history of the Trans-mexican volcanic belt and the Mexico subduction zone. Tectonophysics 522-523: 122 – 149.

Ferro – Díaz, J., 2015. Manual revisado de métodos útiles en el muestreo y análisis de la vegetación. ECOVIDA 5(1): 139 – 186.

Flores V., O A., Mendoza Q., F., y González P., G., 1995. Recopilación de claves para la determinación de anfibios y reptiles de México. Facultad de Ciencias, UNAM. Publicaciones Especiales del Museo de Zoología, Núm. 10. 286 p.

Flores-Villela, O., y García-Vázquez, U. O., 2014. Biodiversidad de reptiles en México. Revista Mexicana de Biodiversidad, Supl. 85: S467 – S475.

Figueroa S., B., Amante O., A., Cortés T., H. G., Pimentel L., J., Osuna C., E. S., Rodríguez O., J. M., y Morales F., F. J., 1991. Manual de predicción de pérdidas de suelo por erosión. Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos-Colegio de Posgraduados. Salinas, San Luis Potosí, México.

García, E., 2004. Modificación al sistema de clasificación climática de Köppen: Para adaptarlo a las condiciones de la República Mexicana. Universidad Nacional Autónoma de México. 90 p.

García-Marín, A., Roldán-Cañas, J., Moreno-Pérez, F., Serrat-Capdevila, A., González, J., Francés, F., Olivera, F., Castro-Orgaz, O., y Giráldez, J. V., 2014. La Hidrología y su papel en Ingeniería del Agua. Revista de Ingeniería del Auga 18 (1): 1 – 14.

García Q., J. J., 2007. Geometría, sismicidad y deformación de la placa de cocos subducida. Tesis de Maestría en Ciencias de la Tierra. Universidad Nacional Autónoma de México, Centro de Geociencias. 42 p.

Gómez O., D., 1999. Evaluación del Impacto Ambiental: Un instrumento preventivo para la gestión ambiental. Ediciones Mundi-Prensa. Editorial Agrícola Española, S.A. España.

Gómez-Tuena, A., Orozco-Esquivel, M. T., y Ferrari, L., 2005. Petrogénesis ígneas de la Faja Volcánica Transmexicana. Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana, Tomo LVII (3): 227 – 283.

González O., J. A., 2019. Las aves de la BUAP: Una invitación a su conocimiento. Benemérita Universidad Autónoma de Puebla. Puebla, Pue. 135 p.

Hernández S., J. R., Pérez D., J. L., Rosete V., F., Villalobos D., M., Méndez L., A. P., y Navarro S., E., 2017. Clasificación geomorfológica del relieve mexicano: una aproximación morfográfica por densidad de curvas de

nivel y la energía del relieve. Instituto de Geografía. Investigaciones Geográficas. Artículos 94: 49 – 63.

Hijmans, R. J.,2023. *raster: Geographic Data Analysis and Modeling*. R package version 3.6-26. En: https://CRAN.R-project.org/package=raster. Consultado: Abril, 2025.

Hijmans, R. J.,2024. *terra: Spatial Data Analysis*. R package version 1.7-65. En: https://CRAN.R-project.org/package=terra. Consultado:Abril, 2025

Hutto, R. L., Pletschet, S. M., y Hendricks, P. 1986. A fixed-radius point count method for nonbreeding and breeding season use. *The Auk103* (3): 593-602.

INECC (Instituto Nacional de Calidad del Aire), 2024. Informe nacional de calidad del aire, México 2021. En: https://sinaica.inecc.gob.mx/pags/informes. Consultado: Octubre, 2024.

INEGI (Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI), s.f. Modelo Digital de Elevación (MDE) de México. En: https://www.inegi.org.mx. Consultado: Abril, 2025.

INEGI (Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática), 1992. Síntesis Geográfica del Estado de Hidalgo. En: https://www.inegi.org.mx/contenido/productos/prod_serv/contenidos/espanol/bvinegi/productos/historicos/2104/702825220945/702825220945_1.pdf. Consultado: Noviembre, 2024.

INEGI, 2008. Características edafológicas, fisiográficas, climáticas e hidrográficas de México. En: http://www.inegi.org.mx/inegi/spc/doc/internet/1-geografiademexico/manual_carac_eda_fis_vs_enero_29_2008.pdf. Consultada: Enero, 2022.

INEGI, 2015. Guía para la interpretación de cartografía: Edafología escala 1:250,000, serie III. En: https://www.inegi.org.mx/contenidos/productos/prod_serv/contenidos/espanol/bvinegi/productos/nueva_estruc/702825076221.pdf. Consultada: Febrero, 2025.

INEGI, 2017. Guía para la interpretación de cartografía uso del suelo y vegetación: Escala 1:250000, serie VI. Aguascalientes, México. 204 pp.

IPCC (2021). *Climate Change 2021: The Physical Science Basis*. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press. https://doi.org/10.1017/9781009157896.

IUSS Working Group WRB, 2015. Base referencial mundial del recurso suelo 2014, Actualización 2015. Sistema internacional de clasificación de suelos para la nomenclatura de suelos y la creación de leyendas de mapas de suelos. Informes sobre recursos mundiales de suelos 106. FAO, Roma. 205 p.

Jenny, H., 1994. Factors of soil formation: A system of quantitative pedology. Dover Publication, INC. New Yor, U.S.A.

Jiménez E., M., Baeza R., C., Matías R., L. G., y Eslava M., H., 2012. Mapas de índices de riesgo a escala municipal por fenómenos hidrometeorológicos. Informe presentado para el CENAPRED, Subdirección de Riegos Hidrometeorológicos. 59 p.

Karger, D. N., Conrad, O., Böhner, J., Kawohl, T., Kreft, H., Soria-Auza, R. W., Zimmermann, N. E., Linder, H. P., y Kessler, M., 2017. *Climatologies at high resolution for the earth's land surface areas*. Scientific Data, 4, 170122. https://doi.org/10.1038/sdata.2017.122

Kattan, G. H., H. Alvarez–López y M. Giraldo. 1994. Forest fragmentation and bird extinctions: San Antonio eighty years later. *Conservation Biology* 8:138–146.

Lacher, T. E., Davidson, A. D., Fleming, T. H., Gómez-Ruiz, E. P., McCracken, G. F., Owen-Smith, N., Peres, C. A., & Vander Wall, S. B. (2019). The functional roles of mammals in ecosystems. *Journal of Mammalogy*, 100(3), 942–964.

Lara G., F., 2001. Informe Climatológico Ambiental del Valle de México 2006. Gobierno del Distrito Federal. En: http://www.aire.cdmx.gob.mx/descargas/publicaciones/gestion-ambiental-aire-memoria-documental-2001-2006/descargas/informe_climatologico_ambiental_cuenca_valle_mexico_2001.pdf. Consultado: Octubre, 2024.

Lugo H., J. y Córdova, C., 1992. Regionalización Geomorfológica de la República Mexicana. En: https://www.scielo.org.mx/pdf/igeo/n25/n25a2.pdf. Consultado: Noviembre, 2024.

Luna-Vega, I., S. Ocegueda y O. Alcántara. 1994. Florística y notas biogeográficas del bosque mesófilo de montaña del municipio de Tlanchinol, Hidalgo, México. Anales del Instituto de Biología, Serie Botánica 65: 31-62.

Lynch, J. F., 1991. Effects of hurricane Gilbert on birds in a dry tropical forest in the Yucatan Peninsula. BIOTROPICA 23 (4a): 488 – 496.

Martínez, M. M., 2005. Estimación de la erosión del suelo. Secretaria de Alimentación, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. INCA RURAL. Colegio de Posgraduados. Consultado en: https://docplayer.es/24902826-Estimacion-de-la-erosion-del-suelo-dr-mario-martinez-menez.html. Fecha: Abril, 2024.

Martinez-Meyer, E. et al. (2018) Actualización de la evaluación de impactos del cambio climático sobre la distribución potencial de especies que habitan las islas de México: Actualización de la evaluación de impactos del cambio climático sobre la distribución potencial de especies que habitan las islas de México. En: https://www.gob.mx/inecc/documentos/actualizacion-de-la-evaluacion-de-impactos-del-cambio-climatico-sobre-la-distribucion-potencial-de-especies-de-mamiferos-aves-reptiles-anfibios-y-plantas-que-habitan-las-islas-de-mexico. Consultado: Abril, 2025.

Matías R., L. G., 2013. Precipitación ciclónica como un riesgo natural. Tesis doctoral. Universidad Nacional Autónoma de México. México, D.F. 119 p.

Matías R., L. G., Fuentes M., O. A., y García J., F., 2014. Heladas. Secretaría de Gobernación. Coordinación Nacional de Protección Civil, Centro Nacional de Prevención de Desastres. 34 p.

Miranda, F. y Hernández X., E., 1963. Los tipos de vegetación de México y su clasificación. Boletín de la Sociedad Botánica de México 28: 29 – 179. 29 – 179.

Montes-León, M. A. L., Uribe-Alcántara, E. M., y García-Celis, E., 2011. Mapa nacional de erosión potencial. Tecnología y Ciencia del Agua 11(1): 5 – 17.

Muñoz-Pedreros, A., 2004. La evaluación del paisaje: una herramienta de gestión ambiental. Revista Chilena de Historia Natural 77: 139 – 156.

Navarro-Sigüeza, A. G., Rebón-Gallardo, M. F., Gordillo-Martínez, A., Peterson, A. T., Berlanga-García, H., y Sáncehz-González, L. A., 2014. Biodiversidad de aves en México. Revista Mexicana de Biodiversidad, Supl. 85: 476 – 495.

Oldeman, L. R., Hakkeling, R. T. A., y Sombroek, W. G., 1991. World map of the status of human-induced soil degradation: An explanatory note. Global Assessment of Soil Degradation (GLASOD). En: http://www.the-eis.com/data/literature/World20mapofthe20statusofhuman-inducedsoildegradation_1991.pdf. Consultado: Diciembre, 2021.

Ortiz S., R., 2015. Síntesis de la evolución del conocimiento en edafología. Revista Eubacteria 34: 51 – 64.

Pat-Aké, I., Cámara-Cabrales, L. del C., Ward, S., Martínez-Zurimendi, P., Martínez-Sánchez, J. L., Negreros-Castillo, P., y Sorensen, N., 2018. Efecto del huracán Dean en la dinámica estructural de selvas bajo manejo forestal en Quintana Roo, México. En: https://myb.ojs.inecol.mx/index.php/myb/article/view/e2421585/1792. Consultado: Octubre, 2024.

Pebesma, E. J., y Bivand, R. S., 2005. Classes and methods for spatial data in R. *R News*, 5(2): 9 – 13.

Pebesma, E., 2018. Simple Features for R: Standardized Support for Spatial Vector Data. *The R Journal*, 10(1), 439–446. https://doi.org/10.32614/RJ-2018-009

Priego, A., Bocco, G., Mendoza, M., y Garrido, A., 2010. Propuesta para la generación semiautomatizada de unidades de paisaje. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, Instituto Nacional de Ecología y Centro de Investigaciones en Geografía Ambiental. 107 p.

Prieto-Torres, D. A., Nuñez R., L. E., Remolina F., D., y del Coro A., M., 2021. Most Mexican hummingbirds lose under climate and land-use change: Long-term conservation implications, Perspectives in Ecology and Conservation, Vol. 9, Issue 4: 487 - 499.

Prüss-Üstün, A., y Corvalán, C., 2006. Ambientes saludables y prevención de enfermedades: Hacia una estimación de la carga de morbilidad atribuible al medio ambiente. Organización Mundial de la Salud. En: https://iris.who.int/handle/10665/43452. Consultado: Marzo, 2024.

Ramírez-Bautista, A., U. Hernández-Salinas, U. García-Vázquez, A. Leyte-Manrique, y L. Canseco-Márquez, 2009. Herpetofauna del Valle de México: Diversidad y conservación. Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo. Comisión Nacional para El Conocimiento y Uso de la Biodiversidad.

R Core Team, 2023. *R: A language and environment for statistical computing*. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. En: https://www.R-project.org/. Consultado: Abril, 2025.

Renard, K. G., Foster, G. R., Weesies, D. K., McCool, D. K., y Yoder, D. C., 1997. Predicting rainfall erosion losses: A guide to conservation planning with the Revised Universal Soil Loss Equation (RUSLE). USDA, Agriculture Handbook Number 703. 384 p.

Reyes J., I., 2014. Una ojeada a la clasificación del suelo. Contactos 91: 30 – 40.

Rosengaus M., M., Jiménez E., M., y Vázquez C., M.T., 2002. Atlas climatológico de ciclones tropicales en México. Edts. CENAPRED e IMTA. En: http://www.cenapred.gob.mx/es/Publicaciones/archivos/37.pdf. Consultado: Agosto, 2018.

Rzedowski, J., 2006. Vegetación de México. 1ra. Edición digital, Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, México. 504 pp.

Salas Al, R., 2009. Migración internacional, remesas y distribución del ingreso: el caso de Tarímbaro Michoacán. CIMEXUS 4 (2): 123 – 139.

Salina-Rodríguez, M. M., Hernández-Sandoval, L., Carrillo-Reyes, P., Castillo-Gómez, H. A., Castro-Castro, A., Estrada-Castillón, E., Figueroa-Martínez, D. S., Gómez-Escamilla, I. N., González-Elizondo, M., Gutiérrez-Ortega, J. S., Hernández-Rendón, J., Munguía-Lino, G., De-Nova, J. A., Ortiz-Brunel., J. P., Rubio-Mémdez, G., Ruíz-Sáncehz, E., Sánchez-Sánchez, C., Sandoval-Mata, T. N., Soltero-Quintana, R., Steinmann, V., Valencia-A., S., y Zamudio-Ruíz, S., 2022. Diversidad de plantas vasculares de la provincia fisiográfica de la Sierra Madre Oriental, México. Botanical Sciences, 100 (2): 469 – 492.

Sánchez-Cordero, V., Botello, F., Flores-Martínez, J. J., Gómez-Rodríguez, R. A., Guevara, L., Gutiérrez-Granados, G., y Rodríguez-Moreno, Á., 2014. Biodiversidad de Chordata (Mammailia) en México. Revista Mexicana de Biodiversidad, Supl. 85: 496 – 504.

Soto-Estrada, G., Moreno-Altamirano, L., y Pahua D., D., 2016. Panorama epidemiológico de México, principales causas de morbilidad y mortalidad. Revista de la Facultad de Medicina de la UNAM 59 (6): 8 – 22 p.

Subsecretaría de protección Civil y Gestión de Riesgo, 2014. Plan estatal de respuesta temporada de lluvias y ciclones tropicales 2014. Gobierno del Estado de Hidalgo, Secretaría de Gobierno. En: http://proteccioncivil.gob.mx/work/models/ProteccionCivil/swbcalendario_ElementoSeccion/182/PLAN_20ESTATAL_20DE_20RESPUESTA_20LLUVIAS_202014.PDF. Consultado: Octubre, 2024.

Tanner, E. V. J., y Kapos, V., 1991. Hurricane effects on forest ecosystems in the Caribbean. Biotropica 23 (4a): 513 – 521.

Tépach M., R., 2015. El flujo migratorio internacional de México hacia los Estados Unidos y la captación interna de las remesas familiares, 2000 – 2015. Dirección General de Servicios de Documentación, Información y Análisis de la Cámara de Diputados. En: http://www.diputados.gob.mx/sedia/sia/se/SAE-ISS-07-15.pdf. Consultado: Enero, 2022.

Tetteh, R. N., 2015. Chemical soil degradation as a result of contamination: A review. Journal of Soils Science and Environmental Management 6(6): 140 – 147.

Whigham, D. F., P. Zugasty Towle, E. Cabrera Cano, J. O'Neill, and E. Ley. 1990. The effect of annual variation in precipitation on growth and litter production in a tropical dry forest in the Yucatan of Mexico. Tropical Ecology 31:23-34.

Whigham, D. F., Olmsted, I., Cabrera C., E., y Harmon, M. E., 1991. The impact of hurricane Gilbert on trees, litterfall, and woody debris in a dry tropical forest in the northeastern Yucatan Peninsula. Biotropica 23: 434 – 441.

Whigham, D. F., Olmsted, I., Cabrera C., E., y Curtis, A. B., 2003. Impacts of hurricanes on the forests of Quintana Roo, Yucatán Peninsula, México. In: The Lowland Maya Area: Three Millennia at the Human-Wildland Interface. 1a Edición. En: https://repository.si.edu/bitstream/handle/10088/18396/serc_Capitulo_10.pdf?isAllowed=y&sequence=1. Consultado: Octubre, 2024.

Wickham, H., Averick, M., Bryan, J., Chang, W., McGowan, L. D. A., François, R., y Yutani, H., 2019. Welcome to the tidyverse. *Journal of Open Source Software*, 4(43), 1686. https://doi.org/10.21105/joss.01686

Wischmeier, W.H. y Smith, D.D. 1978. Predicting rainfall erosion losses. Agriculture Handbook 537. United States Department of Agriculture. Science and Education Administration. En: https://www.ars.usda.gov/ARSUserFiles/60600505/RUSLE/AH_537PredictingRainfallSoilLosses.pdf. Consultado: Noviembre, 2024.

WHO/UNEP, 1992. Urban air pollution in megacities of the world. World Health Organization – United Nations Environment Programme. Blackweel, Oxford. 230 p.

Xix A., G. R., 2010. Estado actual y futuro de la cartografía de suelos en México. 1er Taller latinoamericano global Globalsoilmap.net. Consultado en: https://www.yumpu.com/es/document/read/10430552/mexico. Consultado: Noviembre, 2024.

Zevenbergen, L. W., y Thorne, D. T., 1987. Quantitative analysis of land surface topography. Earth Surface Processes and Landforms, 12(1): 47 – 56.

MIA

Manifestación de Impacto Ambiental Modalidad Regional

AUTLAN®

# Capítulo V.

## Identificación, descripción y evaluación de los impactos ambientales, acumulativos y residuales, del sistema ambiental regional

SANAT

Soluciones en Gestión Ambiental



Distrito Minero AUTLÁN

# ÍNDICE GENERAL

V. Identificación, descripción y evaluación de los impactos ambientales, acumulativos y residuales, del sistema ambiental regional ..... 1

V.1. Identificación de impactos. ..... 1

V.1.1. Metodología para identificar y evaluar los impactos ambientales. ..... 1

V.1.2. Proceso para la identificación y evaluación de impactos ambientales ..... 2

V.1.3. Lista indicativa de indicadores de impacto ..... 2

V.2. Metodología para la identificación y evaluación de impactos ..... 8

V.2.1. Procedimiento seguido para la identificación de impactos ..... 8

V.2.2. Valoración de impactos ambientales ..... 23

V.3. Descripción y caracterización de los impactos ..... 27

V.3.1. Fichas descriptivas de impactos ambientales para la etapa de preparación del sitio ..... 30

V.3.2. Fichas descriptivas de impactos ambientales para la etapa de construcción ..... 53

V.3.3. Fichas descriptivas de impactos ambientales para la etapa de operación y mantenimiento ..... 77

V.3.4. Fichas descriptivas de impactos ambientales para la etapa de abandono ..... 103

V.3.5. Análisis de los resultados de la valoración de impactos ..... 125

V.3.6. Resultados de los componentes de evaluación ..... 133

V.4. Impactos ambientales residuales ..... 133

V.5. Impactos ambientales acumulativos ..... 135

V.6. Impactos ambientales del proyecto “Distrito Minero Autlán” ..... 139

V.7. Impactos ambientales a nivel del SAR ..... 147

V.8. Conclusiones ..... 159

# ÍNDICE DE TABLAS

Tabla V.1. Etapas del proceso y métodos empleados para la identificación y evaluación de los impactos ambientales potenciales a generarse por el desarrollo del proyecto. ..... 2

Tabla V.2. Actividades y elementos por etapa de desarrollo del proyecto, potenciales generadores de impactos ambientales durante el desarrollo del proyecto. ..... 10

Tabla V.3. Factores y subfactores ambientales, por medio socioambiental, potenciales a impactar por el desarrollo del proyecto. ..... 12

Tabla V.4. Afectación ocasionada a los subfactores ambientales por llevar a cabo las obras y actividades del proyecto. ..... 13

Tabla V.5. Matriz de interacciones entre actividades a ejecutar por el desarrollo del proyecto y los atributos ambientales potencialmente a impactarse, por tipo de impacto (A, adverso y, B, benéfico). ..... 22

Tabla V.6. Interacciones identificadas, adversas y benéficas, por factor ambiental y socioeconómico, y las etapas de desarrollo del proyecto. ..... 23

Tabla V.7. Escalas de evaluación de los criterios a considerar en el procedimiento de evaluación de impactos ambientales en el método RIAM modificado. ..... 25

Tabla V.8. Rango de agrupación de la escala para el resultado de la evaluación del impacto ambiental de acuerdo con la escala del RIAM modificado. ..... 27

Tabla V.9. Impactos ambientales potenciales por generarse por etapa de desarrollo del proyecto. ..... 28

Tabla V.10. Concentrado de la valorización de los impactos ambientales potenciales a generarse por etapa de desarrollo del proyecto. ..... 129

Tabla V.11. Impactos ambientales residuales identificados y la etapa del proyecto en los que se generan. ..... 135

Tabla V.12. Listado de impactos ambientales acumulativos potenciales a presentarse por el desarrollo del proyecto en el polígono del SAR. ..... 136

Tabla V.13. Relación de impactos ambientales identificados entre los estudios de impacto ambiental “Tajo Naopa”, “Tajo Acuatitla” y “Modificación del Proyecto Tajo Naopa” (columnas) y “Distrito Minero Autlán” (filas). ..... 141

Tabla V.14. Naturaleza de los impactos ambientales identificados en proyectos previos y en el presente. ..... 144

Tabla V.15. Identificación de obras y actividades generadoras de impactos ambientales acumulativos y residuales en el contexto del SAR definido para el desarrollo del proyecto. ..... 149

# ÍNDICE DE TABLAS

Figura V. 1. Valor alfabético de los impactos ambientales potenciales a generarse en la etapa de preparación del sitio. ..... 125

Figura V. 2. Valor alfabético de los impactos ambientales potenciales a generarse en la etapa de construcción. ..... 126

Figura V. 3. Valor alfabético de los impactos ambientales potenciales a generarse en la etapa de operación y mantenimiento. ..... 126

Figura V. 4. Valor alfabético de los impactos ambientales potenciales a generarse en la etapa de abandono. ..... 127

Figura V. 5. Valor alfabético de los impactos ambientales potenciales a generarse durante el desarrollo total del proyecto. ..... 127

Figura V. 6. Clasificación de los impactos ambientales identificados a generarse por la realización del proyecto por componente de evaluación y etapa de ejecución. ..... 133

# MARCO LEGAL

El tema que se toca en este capítulo se considera que es la esencia de los estudios de impacto ambiental y, por lo tanto, debería ser visto de esa manera tanto por los miembros de los equipos que elaboran los estudios de impacto ambiental como de los encargados de evaluar la viabilidad ambiental de los proyectos sometidos al procedimiento de evaluación de impacto ambiental. El principal objetivo de este capítulo es la identificación, caracterización, valoración y evaluación de los impactos ambientales potenciales a generarse por el desarrollo del proyecto propuesto, tomando como base la relación de las obras y actividades que se llevarían a cabo y la condición actual de los componentes ambientales sobre los que se incidiría, en un momento dado, en cada una de las etapas en que se divide la ejecución del proyecto.

La integración de este capítulo tiene como objetivo el dar cumplimiento a lo dispuesto en el artículo 13, fracción V, del Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente en Materia de Evaluación del Impacto Ambiental (REIA), el cual establece que las manifestaciones de impacto ambiental, en su modalidad regional, deberán contener la "Identificación, descripción y evaluación de los impactos ambientales, acumulativos y residuales, del sistema ambiental regional". A efecto de cumplir con dicho precepto jurídico, en este capítulo se presenta la identificación, caracterización y evaluación de los impactos ambientales potenciales que el proyecto ocasionaría por su ejecución, utilizando como base lo indicado en la "Guía para la presentación de la manifestación de impacto ambiental del sector hidrocarburos, modalidad regional" (ver liga: https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/789437/Gu_a_MIA-R.pdf).

De acuerdo con lo descrito en el capítulo III del presente documento, se observa lo estipulado en el artículo 13 del REIA, el cual refiere el contenido de las manifestaciones de impacto ambiental, en su modalidad regional. Así se tiene que, en su fracción V se indica la presentación de la identificación, descripción y evaluación de los impactos ambientales, **acumulativos y residuales**, del sistema ambiental regional.

El mismo REIA, en su artículo 3º, fracciones VII y X, define los impactos ambientales acumulativos y residuales, los que se entienden como:

***VII.*** *Impacto ambiental acumulativo: El efecto en el ambiente que resulta del incremento de los impactos de acciones particulares ocasionado por la interacción con otros que se efectuaron en el pasado o que están ocurriendo en el presente;*

***X.*** *Impacto ambiental residual: El impacto que persiste después de la aplicación de medidas de mitigación;*

En cumplimiento de lo anteriormente establecido, presentamos la identificación, evaluación, valoración y descripción de los potenciales impactos ambientales, incluyendo los acumulativos y residuales, que el proyecto ocasionaría en el contexto del sistema ambiental regional que quedó ampliamente definido y descrito en el capítulo anterior de este documento. Lo anterior, a efecto de cumplir con lo dispuesto por el artículo 13, fracción V, del multicitado REIA, proporcionando los elementos de juicio a la Secretaría para que puedan atender lo dispuesto en el artículo 44, fracción I, de dicho instrumento normativo, el cual dispone que, al evaluar las manifestaciones de impacto ambiental, la Secretaría deberá considerar:

*"**I.** Los posibles efectos de las obras o actividades a desarrollarse en el o los ecosistemas de que se trate, tomando en cuenta el conjunto de elementos que los conforman, y no únicamente los recursos que fuesen objeto de aprovechamiento o afectación;"*

Es decir, se considerará la identificación, evaluación, valoración y descripción de los impactos ambientales acumulativos y residuales dado que por modalidad de estudio se requiere. La valoración estará referida de manera espacial y temporal al contexto del ecosistema o el conjunto de ecosistemas, que en este caso dicha determinación espacial estará referida al sistema ambiental regional.

# V. Identificación, descripción y evaluación de los impactos ambientales, acumulativos y residuales, del sistema ambiental regional

El presente capítulo se desarrolla para dar cumplimiento al objetivo primordial de la evaluación del impacto ambiental, entendiéndose ésta como "la modificación del ambiente ocasionado por la acción del hombre o de la naturaleza", de acuerdo con lo definido en la LGEEPA, que es el de llevar a cabo una identificación y valoración lo más objetiva e imparcial posible de los impactos ambientales potenciales a generarse por las obras y/o actividades que conforman los proyectos. Y, los resultados obtenidos de este ejercicio, posteriormente, sirven para establecer las medidas pertinentes de mitigación, prevención, compensación y/o restitución, de tal forma que éstos se reduzcan a niveles tolerables por el ambiente.

El principal objetivo del análisis que se realiza en este capítulo es el identificar y valorar los impactos ambientales potenciales que se generarán por la ejecución del proyecto en cuestión, tomando como referencia la naturaleza del proyecto descrita en el capítulo II, actuando en el sistema ambiental del proyecto descrito en el capítulo IV. Todo lo anterior respetando los criterios y especificaciones ecológicas establecidas en el marco jurídico ambiental vigente aplicable al sitio del proyecto y a su naturaleza de acuerdo con la vinculación realizada en el capítulo III.

## V.1. Identificación de impactos.

### V.1.1. Metodología para identificar y evaluar los impactos ambientales.

Los impactos ambientales que se pueden presentar durante el desarrollo de un proyecto están en función del grado de conservación del ecosistema en general, el cual es una suma (ponderada) del grado de conservación de cada uno de los factores ambientales que lo conforman, entre ellos la vegetación, fauna, suelo, aire, agua, así como de la naturaleza del proyecto y las características propias de sus obras y actividades y de su ubicación. Es de considerar que toda obra y/o actividad de este tipo tendrá impactos sobre el ambiente y sus componentes ambientales en diferente nivel, los cuales podrán ser de carácter positivo o benéfico, entiéndase como obras o actividades que favorecerán la estabilidad del medio, o de carácter negativo o adverso, que representarán afectaciones a algún(os) componente(s) ambiental(es) o proceso(s). La identificación y valoración, tanto cualitativa y/o cuantitativa, de los mismos, así como las medidas ambientales propuestas para mitigarlos, prevenirlos y/o compensarlos, dará a la autoridad competente las herramientas para determinar la factibilidad del desarrollo del proyecto y, por consiguiente, su aprobación o rechazo.

Para estar en la posibilidad de identificar los impactos ambientales potenciales a generarse por el desarrollo de las obras y/o actividades que conforman un proyecto, se han creado numerosas técnicas de evaluación de impactos ambientales. Estas técnicas, además de servir para identificar los impactos ambientales potenciales, también determinan los factores ambientales que deben incluirse en una descripción del medio afectado, para proporcionar información de la predicción y evaluación de los impactos específicos, así como para permitir una evaluación sistemática de las alternativas posibles y una selección de las medidas ambientales a implementar.

Considerando que el medio físico, biológico, económico y social, en el sitio en el que se pretende realizar el proyecto presenta características propias, se ocasionarán impactos particulares de acuerdo con el entorno que los rodea. El objetivo del ejercicio realizado en este capítulo es, precisamente, identificar esos posibles impactos ambientales particulares, por lo que, a continuación, se describe la metodología empleada y los resultados obtenidos.

## V.1.2. Proceso para la identificación y evaluación de impactos ambientales

De acuerdo con Gómez - Orea (1999), la identificación de las acciones del proyecto susceptibles de producir impactos y de los factores del ambiente susceptibles de recibirlos, se facilita haciendo uso de instrumentos existentes, tales como:

- Cuestionarios generales o específicos para diversos tipos de proyectos. Estos cuestionarios suelen utilizarse, además, para la emisión rápida de juicios sobre los proyectos a los que se aplican. Y, también ayudan a la reflexión y a la detección de los principales conflictos.
- Consulta a paneles de expertos.
- Entrevistas con personas y agentes de distintos intereses y sensibilidades ante el proyecto.
- Escenarios comparados. Es decir, análisis empírico de situaciones donde el proyecto a evaluar ha sido realizado.
- Matrices genéricas preexistentes de relación causa - efecto, como la conocida tipo Leopold, cuyas entradas por columnas tipifican un amplio conjunto de acciones susceptibles de producir impactos, la elaborada por la Comisión Internacional de Grandes Presas, etc.

Para la identificación de los impactos ambientales que ocasionará el desarrollo del proyecto se utilizó una combinación de métodos, en consideración de lo antes referido, cuya secuencia de aplicación se presenta en la Tabla V.1.

***Tabla V.1. Etapas del proceso y métodos empleados para la identificación y evaluación de los impactos ambientales potenciales a generarse por el desarrollo del proyecto.***

| Etapa del proceso de identificación y evaluación | Técnica empleada |
|---|---|
| Identificación de las acciones del proyecto y factores ambientales. | • Revisión de matrices genéricas preexistentes de relación causa – efecto (Tipo Leopold).<br>• Escenarios comparados.<br>• Lista de chequeo. |
| Identificación de interacciones entre acciones del proyecto y elementos ambientales. | • Matriz de relación causa – efecto (Tipo Leopold).<br>• Sobreposición de mapas. |
| Jerarquización de impactos ambientales significativos. | • Valorización y cribado y descripción de los impactos. |

## V.1.3. Lista indicativa de indicadores de impacto

De acuerdo con lo definido por Von Schiller *et al*. (2003), los indicadores de impacto ambiental son una herramienta imprescindible para la política y gestión medioambiental, de los que la sociedad exige una respuesta eficaz frente a la degradación creciente del ambiente. Desde este punto de vista, los indicadores ambientales surgen con el fin de incorporar los criterios ambientales en la toma de decisiones, intentando dotarles de la misma categoría y valor que otros criterios, hasta ahora utilizados.

Los autores antes referidos definen como indicador ambiental a "*la variable o suma de variables que proporcionan una información sintética sobre un fenómeno ambiental complejo, y permite conocer y evaluar el estado y la variación de la calidad ambiental*", el cual debe cumplir los criterios de: validez científica, disponibilidad y fiabilidad de datos, representatividad, sensibilidad a cambios, sencillez, relevancia y utilidad, comparabilidad y razonable relación costo / beneficio.

Los indicadores ambientales tienen como principal característica que representan intentos para reducir la complejidad, evitar mediciones demasiado complicadas y seleccionar métodos simples, que, sin embargo, pueden conducir a una representación satisfactoria de una relación compleja (Müller y Lenz, 2006). Desde el punto de vista de la evaluación, estos sirven para determinar la situación y presiones a las que está sometido el ambiente, permiten el desarrollo de medidas y prioridades, y la identificación de alternativas y aspectos críticos. Asimismo, sirven para evaluar los efectos de las medidas ambientales aplicadas con el fin de prevenir, mitigar y/o compensar los impactos ambientales generados por la ejecución de una obra y/o actividad.

Los indicadores ambientales, como valores de referencia que indican el estado del momento del análisis y, al mismo tiempo, como indicadores del nivel de afectación ocasionado al medio ambiente por la realización de actividades antrópicas o eventos naturales, pueden ser valores que se toman como referencia del marco jurídico ambiental específico, como leyes, reglamentos o normas oficiales, de la literatura o pueden ser definidos para el caso particular. Al ser usados como valores de referencia, la metodología para llegar a la obtención de los valores de las variables ambientales que describen el estado actual puede ser ajustada a las condiciones particulares del proyecto. En este caso, lo importante es que la metodología empleada para llegar a dicho resultado pueda ser replicable a través del tiempo y espacio.

Con base en lo antes referido, para el desarrollo del presente proyecto se tomaron como referencia para los indicadores ambientales, lo establecido en la siguiente normatividad, literatura y criterios de decisión particulares definidos para el proyecto:

a) Cambio de la geomorfología: La ejecución del proyecto implica el cambio del relieve en el área del proyecto, de forma puntual, debido a las actividades de la explotación de minerales a cielo abierto, construcción de caminos, disposición de tepetate y manejo de lamas (residuos geológicos de los diversos procesos), principalmente.

Los indicadores por evaluar son:

- Superficie afectada: La superficie que sufre un cambio en su conformación geomoforlógica, ya sea por cortes y procesos de excavación, que implica la formación de depresiones, así como por la disposición de material, lo que forma elevaciones.
- Cambio del relieve: El cambio del relieve se puede determinar por el cambio en la pendiente, la cual se puede expresar en grados o porcentaje.

b) Suelo: Con el desarrollo del proyecto, el suelo será uno de los componentes ambientales que potencialmente sufriría impactos ambientales. Estos irán desde la alteración de su perfil de desarrollo para el desplante de obras, hasta su degradación por contaminación del suelo por la dispersión, derrame y fugas de residuos y sustancias químicas, ambas afectaciones en áreas puntuales.

Perevochtchikova (2013), refiere que el indicador ambiental para la evaluación del impacto de los residuos, tanto de los que denomina como industriales como de los orgánicos, es su producción ($m^3$), así como su reciclaje (proporción del volumen que es generado que es reciclado, %). En este caso el volumen de residuos sólidos se considera que será el indicador principal, sin embargo, no se puede usar el reciclaje como un indicador a evaluar ya que en el predio solo se realizará la separación primaria, siendo en el siguiente paso, fuera del predio con los contratistas, donde se realizará la separación final de los residuos para reciclaje.

La determinación del nivel de afectación y recuperación del componente ambiental en cuestión estará determinada por los siguientes indicadores ambientales:

Los indicadores para evaluar esta variable son:

- Producción: volumen ($m^3$) o cantidad (kg) de residuos sólidos urbanos generados por tipo, con respecto al volumen o cantidad total.
- Producción: volumen ($m^3$) o cantidad (kg) de residuos de manejo especial generados por tipo, con respecto al volumen o cantidad total.
- Instalación de kit de contenedores: relación de frentes de trabajo operando y frentes de trabajo que cuentan con contenedores para la disposición de residuos.
- Habilitación de áreas para la disposición de residuos de manejo especial: relación de frentes de trabajo operando y que generen residuos de manejo especial, con respecto a frentes de trabajo que cuentan con áreas habilitadas para la disposición de este tipo de residuos.
- Superficie contaminada por dispersión, derrames o fugas de residuos sólidos urbanos, de manejo especial y peligrosos.
- Tiempo utilizado para dar respuesta a incidentes ambientales relacionados con la contaminación del suelo por residuos.
- Superficie de suelo afectada por el desplante de las obras.

El indicador numérico y procedimiento por seguir está determinado por las unidades de superficie afectadas y la producción indicada.

c) Calidad del aire por la emisión de gases y partículas sólidas: Este subfactor ambiental se verá afectado por la generación de polvos fugitivos y la emisión de gases de combustión, siendo las principales fuentes emisoras los vehículos y el equipo automotor empleado en las diferentes etapas de desarrollo del proyecto y el horno rotatorio de nodulización que opera a gas y de los hornos de secador y reductor que operan con diésel. Las fuentes emisoras y el grado de afectación estará en función de:

- Distancia de acarreo y transporte de materiales e insumos para la realización del proyecto.
- Tiempo de operación y número de fuentes emisoras en operación.

El indicador numérico y, en su caso, el procedimiento por seguir está determinado por las normas oficiales mexicanas:

- NOM-041-SEMARNAT-2015, Que establece los límites máximos permisibles de emisión de gases contaminantes provenientes del escape de los vehículos automotores en circulación que usan gasolina como combustible.
- NOM-045-SEMARNAT-2017. Protección ambiental. - Vehículos en circulación que usan diésel como combustible. - Límites máximos permisibles de opacidad, procedimiento de prueba y características técnicas del equipo de medición.
- NOM-085-SEMARNAT-2011, Contaminación atmosférica-niveles máximos permisibles de emisión de los equipos de combustión de calentamiento y su medición.
- NORMA Oficial Mexicana NOM-025-SSA1-2021, Salud ambiental. Criterio para evaluar la calidad del aire ambiente, con respecto a las partículas suspendidas $PM_{10}$ y $PM_{2.5}$. Valores normados para la

concentración de partículas suspendidas $PM_{10}$ y $PM_{2.5}$ en el aire ambiente, como medida de protección a la salud de la población.

- NOM-043-SEMARNAT-1993, Que establece los niveles máximos permisibles de emisión a la atmósfera de partículas sólidas provenientes de fuentes fijas.

d) Confort sonoro (generación de ruido): La operación de maquinaría, vehículos y equipo para la preparación de sitios, instalación de los equipos, actividades de exploración, excavación, construcción de obras, actividades de aprovechamiento mineral (perforaciones y voladura y trituración), y de restauración de sitios del proyecto serán los principales agentes que ocasionarán la afectación a este subfactor ambiental. El cambio en el nivel sonoro dependerá de la frecuencia e intensidad de las ondas sonoras, así como el patrón de tiempo y el timbre de sonido que se emita, lo cual estará en función de:

- Número, tiempo de operación, ubicación e intensidad de las emisiones de las ondas sonoras de los agentes generadores de ruido operando.

El indicador numérico y, en su caso, el procedimiento a seguir está determinado por las normas oficiales mexicanas:

- NOM-080-SEMARNAT-1994. Que establece los límites máximos permisibles de emisión de ruido proveniente de los vehículos automotores, motocicletas y triciclos motorizados en circulación, y su método de medición.
- NOM-081-SEMARNAT-1994. Que establece los límites máximos permisibles de emisión de ruido de las fuentes fijas y su método de medición.
- ACUERDO por el que se modifica el numeral 5.4 de la Norma Oficial Mexicana NOM-081-SEMARNAT-1994, Que establece los límites máximos permisibles de emisión de ruido de las fuentes fijas y su método de medición.

e) Cantidad y calidad de agua superficial: Son dos subfactores del agua que pueden verse afectados por el desarrollo del proyecto y que cuentan con indicadores para su seguimiento y evaluación. La cantidad de agua se ve afectada por el aprovechamiento de agua para cubrir la demanda del recurso para las actividades operativas relacionadas con la actividad minera y por la demanda del recurso por el personal. Y, por otro lado, la calidad del agua se ve comprometida por las actividades de aprovechamiento del mineral subterráneo, procesos de sedimentación y generación de agua residual por el personal. Los principales indicadores para evaluar el impacto ambiental en este componente ambiental serán:

- Volumen de agua aprovechada.
- Nivel de contaminación y contaminantes descargados a cuerpos de agua superficiales.

El indicador numérico y, en su caso, el procedimiento por seguir está determinado por las normas oficiales mexicanas que a continuación se indican:

- Consumo de agua total registrado por el desarrollo del proyecto contra la disponibilidad de agua del acuífero, según lo indicado en los acuerdos por los que se actualiza la disponibilidad media anual de agua subterránea de los 653 acuíferos del país en el Diario Oficial de la Federación. El actual fue publicado el 09 de noviembre de 2023.

- NOM-001-SEMARNAT-2021: Que establece los límites permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales en cuerpos receptores propiedad de la nación.

- NOM-003-SEMARNAT-1997: Que establece los límites máximos permisibles de contaminantes para las aguas residuales tratadas que se reúsen en servicios al público.
- NOM-004-SEMARNAT-2002: Protección ambiental. - Lodos y biosólidos. - Especificaciones y límites máximos permisibles de contaminantes para su aprovechamiento y disposición final.
- NORMA Oficial Mexicana NOM-127-SSA1-2021, Agua para uso y consumo humano. Límites permisibles de la calidad del agua.

f) Cambio del flujo hidrológico y calidad del agua: Los escurrimientos de las áreas de explotación y depósito de tepetate, que tienen como característica la falta de cobertura y contar con material suelto, son áreas potenciales generadoras de escorrentía con arrastre de sedimentos durante la época de lluvias. Por naturaleza, la escorrentía que se genera en las partes altas de estos componentes pasa a formar parte de cuerpos de agua de mayor volumen, llegando a generar problemas de contaminación por los sedimentos, y sus componentes, que son arrastrados. El grado de afectación está determinado por el número de cuerpos de agua superficiales o escurrimientos de agua alterados y la concentración de la superficie que se encuentre sin cobertura vegetal y cuente con material sin cohesión.

El indicador numérico y, en su caso, el procedimiento por seguir estará determinado por la norma oficial mexicana y ley federal, según aplique:

- NOM-001-SEMARNAT-2021: Establece los límites permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales en cuerpos receptores propiedad de la nación.
- Ley Federal de Derechos, artículo 224, fracción V.
- Número de cuerpos de agua o escurrimientos superficiales afectados por el desarrollo del proyecto.

g) Abundancia de especies de flora silvestre, especies en categoría de riesgo y cobertura vegetal: Estos subfactores ambientales sufrirían mayor impacto ambiental durante la etapa de preparación del sitio, ocasionado por el deshierbe y desmonte de las áreas destinadas para el desplante de obras y desarrollo de actividades que conforman el desarrollo del proyecto, como la exploración, explotación, construcción de caminos internos, conformación de la tepetateras y disposición de material estéril (lodos y tepetate), entre otras.

Con la remoción parcial de la vegetación en el área del proyecto, se afectarían principalmente los subfactores ambientales de abundancia, especies en categoría de riesgo y cobertura vegetal, dado la extensión de las asociaciones vegetales y la distribución de las especies en el sistema ambiental. Los principales indicadores para evaluar el impacto ambiental en este subfactor serán:

- Tipos y proporción de asociaciones vegetales por afectar.
- Superficie por afectar por tipo de asociación vegetal presente en el predio.
- Especies e individuos por afectar en categoría de riesgo y de relevancia ambiental.

- Densidad (individuos $ha^{-1}$) y diversidad (número de especies), por asociación vegetal a afectar por el desarrollo del proyecto.

El indicador numérico y procedimiento por seguir está determinado por la norma oficial mexicana:

- NOM-059-SEMARNAT-2010: MODIFICACIÓN del Anexo Normativo III, publicada en el DOF el 14 de noviembre de 2019, correspondiente a la Lista de especies en riesgo de la Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010, Protección ambiental -Especies nativas de México de flora y fauna silvestres - Categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio-Lista de especies en riesgo, publicada el 30 de diciembre de 2010; así como la lista roja de especies amenazadas de la UICN. Las especies en riesgo, amenazadas y su abundancia se determinan con base a los resultados de los muestreos realizados para la caracterización del componente en cuestión, incluido en el apartado IV.3.2.2.2. del Capítulo IV de la presente manifestación de impacto ambiental.
- La proporción de asociaciones vegetales a afectar, así como la diversidad y abundancia se determinan a partir de los muestreos realizados para caracterizar el componente ambiental en cuestión.

h) Abundancia, diversidad, movilidad y especies en categoría de riesgo y amenazadas con base a la lista roja de especies de fauna silvestre: Derivado de la pérdida de cobertura vegetal e incremento del movimiento de gente y vehicular en el área del proyecto, la fauna silvestre se puede ver desplazada hacia sitios con menor alteración, más seguros y mejores condiciones de hábitat. Los indicadores potenciales para evaluar el impacto ambiental en este componente ambiental serán:

- Número de especies e individuos a rescatar y reubicar, totales y en categoría de riesgo.
- Superficie reforestada para que funcione como sitio de alimentación, reproducción, refugio y percheo de fauna silvestre.

El indicador numérico y, en su caso, el procedimiento por seguir está determinado por la norma oficial mexicana:

- NOM-059-SEMARNAT-2010: MODIFICACIÓN del Anexo Normativo III, publicada en el DOF el 14 de noviembre de 2019, correspondiente a la Lista de especies en riesgo de la Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010, Protección ambiental -Especies nativas de México de flora y fauna silvestres - Categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio-Lista de especies en riesgo, publicada el 30 de diciembre de 2010; así como la lista roja de especies amenazadas de la UICN. Las especies en riesgo y su abundancia se determinan con base a los resultados de los muestreos realizados para la caracterización del componente en cuestión, incluido en el apartado IV.3.3.1.2. de la presente manifestación de impacto ambiental.

i) Calidad estética del paisaje e impacto visual: Estos subfactores ambientales se verán afectados por la instalación de la infraestructura en el área del proyecto y los cambios de paisaje que generan la realización de actividades como la exploración, explotación y la conformación de la tepetateras y disposición de material estéril (lodos y tepetate), entre otras. Los indicadores de evaluación del impacto a considerar son:

- Número, dimensiones, características constructivas y ubicaciones de las obras del proyecto.

El indicador numérico y procedimiento por seguir está determinado por:

- Superficie total por afectar, en proporción a la superficie total del predio.

j) Calidad de vida: La generación de empleos y la derrama económica que la ejecución del proyecto implicaría, son dos de los subfactores sociales que se verían beneficiados. No obstante, la magnitud se tiene que evaluar tomando en cuenta lo que implicaría su construcción y operación. Los indicadores de impacto a considerar son:

- Empleos directos e indirectos estimados a generar por el desarrollo del proyecto.
- Derrama económica por la realización del proyecto.

El indicador numérico y procedimiento por seguir está determinado por:

- Número de empleos directos, temporales y permanentes, a generar.
- Número de empleos indirectos demandados.
- Relación de empleados locales con respecto al total de empleos generados.
- Relación de empleos ocupados por personal femenino con respecto al total de empleos generados.
- Monto económico demandado para la ejecución del proyecto.

Los indicadores ambientales para cada uno de los componentes ambientales referidos son contemplados en dos apartados de la presente MIA-R. Primero, se consideraron en este capítulo para asignar el valor de cada criterio que se incluye en la fórmula para calcular el valor del impacto, como se describe posteriormente; para ello, se tomó en cuenta la caracterización de los componentes ambientales a afectar y el tipo de obras y actividades a realizarse, las que en conjunto determinan el grado de afectación. Y, en segundo lugar, después se retoman en el capítulo VI para el planteamiento de las medidas ambientales de prevención y mitigación, y los programas a implementar.

Es a través de los indicadores establecidos y el monitoreo del comportamiento ambiental como se podrá definir si los resultados obtenidos de la aplicación de las medidas ambientales están dentro del marco jurídico establecido y dentro de los límites fijados, o bien, si se requiere la implementación de medidas ambientales adicionales.

## V.2. Metodología para la identificación y evaluación de impactos

### V.2.1. Procedimiento seguido para la identificación de impactos

Como parte del proceso de identificación de los impactos ambientales a generarse por la ejecución del proyecto, primero se empleó la técnica de identificación de impactos ambientales denominada lista de chequeo simple, la cual se considera básicamente una técnica cualitativa de identificación de impactos ambientales. Esta consta de actividades que pueden generar impactos asociados a factores o subfactores ambientales susceptibles de ser alterados y se obtiene mediante la conformación de una matriz de interacciones entre las obras y actividades, y los factores y subfactores involucrados. Esta matriz se convierte, desde un principio, en la base de la identificación de impactos y en la toma de decisiones durante todo el proceso de evaluación (Coria, 2008).

Es una técnica altamente flexible, pudiendo reducirse o ampliarse en función de las necesidades que sean requeridas. Se utiliza para planificar un estudio de impacto ambiental, sin llegar a entrar en términos de valoración cuantitativa, razón por la cual, en el presente estudio se emplea en la primera fase del proceso de identificación de los impactos ambientales. Tomando en cuenta su carácter flexible, para el presente caso se utilizó para identificar

los medios, factores y subfactores ambientales potencialmente susceptibles de afectación, los cuales fueron identificados durante el proceso de comparación de escenarios.

En este apartado se identifican las relaciones causa-efecto entre las acciones derivadas del proyecto que pueden causar impactos y de los atributos ambientales potencialmente receptores.

Cada relación causa-efecto identifica un impacto potencial cuya significancia habrá que evaluar después. Para Coria (2008), se trata de relaciones que no son simples, sino que frecuentemente hay una cadena de efectos primarios, secundarios, inducidos, etc., que arrancan en la acción y terminan en los seres vivos, en los bienes materiales y, en suma, pueden llegar a impactar directa e indirectamente en el hombre. Sin embargo, su desarrollo es simple desde el punto de vista que inicialmente se puede identificar el impacto con un valor binario (existe o no interacción), para después pasar a realizar la evaluación cualitativa de cada una de las interacciones identificadas.

Como se mencionó anteriormente, la matriz se desarrolla con el objetivo de establecer relaciones causa-efecto de acuerdo con las características particulares de cada proyecto y medio ambiente. Para lograr establecer dichas relaciones, la matriz contiene en sus columnas las etapas de las obras a construir y las actividades a realizar que forman parte integral del proyecto, mismas que se identifican a través del uso de árboles o columnas de actividades por etapas de desarrollo del proyecto. Y, por otro lado, en sus filas se incluyen los principales factores y subfactores ambientales sobre los que podrían incidir, mismos que se identifican a través de un árbol de factores, por subsistema y medio ambiente. Como resultado final, del cruzamiento realizado entre obras y actividades con subfactores se tiene la relación de la causa y el efecto.

Cabe hacer mención que, el punto de partida para la formación de esta matriz fue el resultado de la identificación y evaluación de impactos ambientales de los proyectos **“Tajo Naopa”**, **“Tajo Acuatitla”** y **“Modificación del Proyecto Tajo Naopa”**, gestionados por la **Compañía Minera Autlán**.

Los dos primeros proyectos mencionados fueron sometidos al procedimiento de evaluación y dictaminación en materia de impacto ambiental mediante la presentación de una MIA, modalidad general, de manera independiente, ante la Dirección General de Ordenamiento Ecológico e Impacto Ambiental. El proyecto “Tajo Naopa” se autorizó mediante el oficio resolutivo D.O.O.DGOEIA.01307 del 14 de marzo de 1997. Y, el proyecto “Tajo Acuatitla” se autorizó por medio del oficio resolutivo D.O.O.DGOEIA.04336 con fecha del 09 de julio de 1997.

El proyecto “Modificación del Proyecto Tajo Naopa” fue evaluado en materia de impacto ambiental y de cambio de uso de suelo de terrenos forestales a través del DTU, modalidad A, en la Delegación Federal de la SEMARNAT en el Estado de Hidalgo, el cual fue autorizado mediante el oficio Núm. 133.02.03/798/2012 del 15 de noviembre de 2012.

Las etapas del proyecto y las obras y actividades que implican su desarrollo, constituyen los “Elementos y Actividades” del proyecto en la matriz de identificación; mientras que los componentes del medio susceptibles de recibir impactos están diferenciados por “Factores y subfactores ambientales”. En las Tablas V.2 y V.3 se presentan, primero, los elementos y actividades, por etapa de desarrollo, que serían potenciales generadores de impactos ambientales; y, en la segunda, los factores y subfactores, por subsistema y medio ambiente, susceptibles de verse impactados.

Cabe aclarar que, dado que el proyecto que se somete al procedimiento de evaluación a través de la presente MIA-R integra obras y actividades en desarrollo, las cuales fueron previamente autorizadas en materia de impacto ambiental, la ampliación de algunas obras autorizadas y la realización de nuevas obras y actividades, su desarrollo no sigue la secuencia lógica de un proyecto nuevo. Debido a lo antes expuesto, el desarrollo del proyecto que se somete a evaluación y dictaminación se dará de manera integrada, es decir, mientras se tienen áreas en producción,

se tendrán áreas en exploración, nuevas áreas en preparación de sitio o construcción, y, posteriormente, se pueden integrar áreas que inicien con actividades de cierre progresivo y abandono.

Por lo anteriormente mencionado, la diferenciación entre etapas de desarrollo en la identificación de impactos ambientales potenciales está más relacionada con los impactos ambientales que se pueden generar por el desarrollo de las actividades a ejecutar en áreas específicas del proyecto.

Las especificaciones del proyecto autorizado y las nuevas obras que integran este proyecto están ampliamente descritas y referidas en el capítulo II de esta MIA-R.

***Tabla V.2. Actividades y elementos por etapa de desarrollo del proyecto, potenciales generadores de impactos ambientales durante el desarrollo del proyecto.***

| Etapa | Elemento | Actividad |
|---|---|---|
| **Preparación del sitio** | Adecuación de áreas | • Delimitación y trazado de áreas<br>• Deshierbe y desmonte<br>• Despalme y nivelación de áreas |
| | Uso de automotores | • Operación de maquinaria y vehículos<br>• Mantenimiento de maquinaria y equipos<br>• Manejo de hidrocarburos |
| **Construcción** | Rehabilitación y/o construcción de vías de comunicación internas. | • Conformación de bases de terracería<br>• Aplicación de riegos de compactación<br>• Obras de drenaje |
| | Obras de apoyo (campamentos, comedores, casetas, oficinas, clínica, estacionamientos, patio de maniobras, área de embarque, PTAR, bordos-represas, contrapozos de ventilación, viveros, centro de educación ambiental, áreas deportivas, relleno sanitario) | • Excavaciones / cimentaciones<br>• Habilitación del área de desplante<br>• Construcción / instalación de infraestructura |
| | Obras auxiliares (polvorines, almacenes de residuos -RP y ME-, bodegas, canal de desvío de drenaje pluvial, talleres de mantenimiento, subestación eléctrica y redes de distribución de energía, estaciones de combustible, ER de gas natural, laboratorio, área de reactivos, almacén de núcleos, relleno sanitario, concreteras, estaciones de compresores) | • Excavaciones / cimentaciones<br>• Habilitación del área de desplante<br>• Construcción / instalación de infraestructura |
| | Portales | • Perforación y voladuras<br>• Excavación<br>• Revestimiento (Concreto lanzado)<br>• Obras de drenaje |
| | Obras subterráneas | • Barrenación y voladuras<br>• Movimiento de material |

| Etapa | Elemento | Actividad |
|---|---|---|
| | | • Construcción de soportes<br>• Obras de desarrollo (rampa, cruceros, contrapozos, crucero de escape, robbins)<br>• Instalación de tuberías de servicio |
| | Obras mineras (planta de beneficio - nodulación, planta de secado-molido-envasado, casa de sacos y colectores de polvo, patios de recepción, patios de embarque, proceso de trituración, depósito de lamas (depósito de lodos), tepetateras, sedimentadores) | • Excavaciones / cimentaciones<br>• Habilitación del área de desplante<br>• Construcción / instalación de infraestructura |
| | Obras de apoyo nuevas | • Excavaciones / cimentaciones<br>• Habilitación del área de desplante<br>• Construcción / instalación de infraestructura |
| | Uso de automotores | • Operación de maquinaria, vehículos y equipos automotores<br>• Mantenimiento de maquinaria y equipos<br>• Manejo de hidrocarburos |
| **Operación y mantenimiento** | Exploración minera | • Conformación de planillas<br>• Instalación de cárcamos de agua<br>• Actividades de barrenación<br>• Clausura de barrenos |
| | Explotación tajo cielo abierto | • Barrenación y voladuras<br>• Cargado y acarreo de materiales<br>• Disposición de material estéril |
| | Explotación subterránea | • Barrenación, voladuras y amacice<br>• Anclaje<br>• Rezague de mineral<br>• Relleno |
| | Beneficio | • Trituración y cribado de mineral<br>• Apilamiento de mineral crudo<br>• Secado, molido y envasado<br>• Disposición de material estéril (lodos y tepetate) |
| | Operación y mantenimiento de maquinaria e instalaciones de apoyo y auxiliares | • Operación de maquinaria, vehículos y equipos automotores<br>• Operación y mantenimiento de instalaciones<br>• Mantenimiento de equipos y maquinaria<br>• Mantenimiento de caminos de terracería |
| **Abandono** | Desmantelamiento de infraestructura | • Desmantelamiento de obras<br>• Retiro de cimentaciones<br>• Sellado de minas subterráneas<br>• Restauración del tajo<br>• Retiro de residuos |

| Etapa | Elemento | Actividad |
|---|---|---|
| | | • Restauración de áreas contaminadas |
| | Restauración de áreas | • Descompactación mecánica del suelo<br>• Restauración de sedimentadores, patios, tepetatera y áreas operativas<br>• Acondicionamiento de sitios y estabilización de taludes<br>• Revegetación |

***Tabla V.3. Factores y subfactores ambientales, por medio socioambiental, potenciales a impactar por el desarrollo del proyecto.***

| Medio | Factor | Subfactor |
|---|---|---|
| Abiótico | Fisiografía | • Relieve<br>• Estabilidad geomorfológica |
| | Suelo | • Pérdida de la capa superficial del suelo<br>• Alteración de las propiedades físicas<br>• Degradación química (por contaminación debido a acumulación de residuos, derrames de hidrocarburos y sustancias químicas) |
| | Aire | • Calidad<br>• Confort sonoro<br>• Microclima |
| | Agua | • Disponibilidad<br>• Calidad de agua superficial<br>• Modificación de flujos<br>• Recarga del manto freático |
| Biótico | Flora | • Abundancia<br>• Cobertura<br>• Ejemplares en categoría de riesgo y relevancia ambiental |
| | Fauna | • Abundancia<br>• Movilidad<br>• Disponibilidad de hábitat<br>• Ejemplares en categoría de riesgo |
| Medio perceptual | Base paisajística | • Calidad estético - paisajística<br>• Impacto visual (campos visuales) |
| Uso de suelo | Industrial | • Producción minera |
| | Comunicación | • Caminos de acceso |
| Socioeconómico | Dinámica poblacional | • Inmigración |
| | Calidad de vida | • Generación de empleos<br>• Derrama económica local y regional<br>• Servicios comunitarios |
| | Recaudación | • Servicios gubernamentales<br>• Ingresos tributarios |

En la Tabla V.4 se hace una descripción de la afectación que tendría cada uno de los subfactores ambientales sobre los que se incidiría, relacionándolos de manera general a las obras y actividades a ejecutarse como parte del desarrollo del proyecto.

***Tabla V.4. Afectación ocasionada a los subfactores ambientales por llevar a cabo las obras y actividades del proyecto.***

| Medio | Factor | Subfactor | Descripción |
|---|---|---|---|
| Abiótico | Fisiografía | Relieve | Alteración de la pendiente prevaleciente en la superficie específica de las áreas en las que se desplantarán las obras contempladas para cada una de las unidades mineras y componentes del proyecto.<br>En este caso, es importante considerar que el área donde incide el desarrollo del proyecto presenta unidades morfométricas que van de geoformas clasificadas de muy alomado, muy fuerte diseccionado, a montañoso, en ocasiones alomado ligeramente diseccionado. Esto implica un cambio altitudinal significativo en la región, que va de los 400 msnm, al norte del SAR, a los aproximadamente 2,400 msnm hacia la parte sur del polígono.<br>Como parte del desarrollo del proyecto se tendrían conformaciones que alteran el relieve característico por las formaciones que sobresalen constituyendo montículos de alturas diversas, como las tepetateras y disposición de lodos (lamas) y llegarían a alcanzar los 80 m de altura en el área de disposición de material estéril; además de depresiones formadas por los tajos, con excavaciones que rondarían los 220 m de profundidad. |
| | | Estabilidad geomorfológica | Las detonaciones efectuadas para la construcción de las obras subterráneas, la explotación de mineral en mina subterránea, las actividades de explotación minera y las obras mismas, son potenciales generadores de debilitamiento e inestabilidad de la conformación geomorfológica, lo que está relacionado integralmente con la potencia de la detonación y la conformación geológica de la zona.<br>A las afectaciones a la estabilidad geomorfológica que pueden generar las detonaciones, se suma la estabilidad durante la conformación de los tajos, tepetateras, el portal y disposición de material estéril (lodos o lamas). |
| | Suelo | Pérdida de la capa superficial del suelo. | Remoción de los horizontes orgánico y eluvial del suelo de las áreas de desplante de los componentes del proyecto para la realización de las excavaciones para cimentaciones, nivelaciones de superficies o conformación de plataformas de obras directamente, formación de tajos y en los sitios de disposición de tepetate y material estéril. |
| | | Alteración de las propiedades físicas. | Degradación del suelo derivado de la compresión mecánica de las partículas y agregados del suelo, en este caso específico por el constante paso de vehículos y maquinaria pesada en áreas que no implica la remoción del suelo, como el revestimiento de caminos de terracería, principales y de acceso a los frentes de trabajo, como parte de su mantenimiento para mantener el área de rodamiento segura y adecuada para la circulación de vehículos, camiones y maquinaria pesada del proyecto. |

| Medio | Factor | Subfactor | Descripción |
|---|---|---|---|
| | | Degradación química y biológica | Cambios de las propiedades químicas y biológicas del suelo y contaminación debido a fugas y derrames de hidrocarburos, sustancias químicas, compuestos de proceso y residuos peligrosos, así como por la dispersión de residuos de manejo especial y sólidos urbanos. |
| | Aire | Calidad | Incremento de la concentración de partículas sólidas y contaminantes criterio en la atmósfera derivado del paso y emisiones de los vehículos, maquinaria y equipos automotores con motores de combustión interna en condiciones no óptimas y por movimientos de tierra seca suelta.<br>Lo anterior, partiendo de que en el SAR no existen problemas de contaminación del aire, se trata de una zona rural de muy baja densidad poblacional y muy alejada de ciudades y de centros de producción industrial.<br>Las principales fuentes de generación de polvo en el SAR son los caminos de terracería, esto derivado de la circulación de vehículos y el polvo levantado por los mismos; sin embargo, el tráfico en estos caminos es escaso por lo que la frecuencia de emisión de polvo es muy baja para que signifique una emisión significativa. |
| | | Confort sonoro. | Incremento de las ondas acústicas fuertes, no deseadas y desagradables para el sentido provenientes de la operación de maquinaria, vehículos y equipos automotores en todas las etapas de desarrollo del proyecto, perforaciones y voladuras, así como por la operación de la trituradora durante la etapa de operación y mantenimiento, entre otras actividades menos significativas, puntuales e intermitentes. |
| | | Microclima | La remoción de la vegetación para la construcción de obra operativa, de proceso, vías de comunicación y para las actividades mineras implicará que en algunas áreas se elimine la capa forestal protectora contra la incidencia de los rayos solares, impacto de los vientos y conservación de la humedad, lo que incide en un cambio local de factores climáticos por la menor protección. |
| | Agua | Disponibilidad | El Distrito Minero hace uso del agua superficial para el desarrollo de sus actividades. La cuenca hidrológica en la que se encuentra el SAR del proyecto cuenta con disponibilidad media anual de agua superficial de 260.985 $Mm^3$, el cual resulta de un volumen de escurrimiento aguas abajo de 446.881 $Mm^3$, a lo cual se le restan los volúmenes comprometidos de 94.916 $Mm^3$ por usos y 90.980 $Mm^3$ para flujos mínimos ecológicos.<br>La disponibilidad de agua hace referencia al volumen total del líquido que existe a nivel local o regional para los diversos usos de la población. La operación del proyecto cuenta con cuatro concesiones para el aprovechamiento de aguas nacionales superficiales por un volumen total anual que suman 606,233.00 $m^3$. El aprovechamiento se hace directamente de arroyos que cruzan por las unidades mineras, en los cuales se construyeron bordos o represas. Estas obras cuentan con los títulos de concesión para explotar, usar o aprovechar cauces, vasos, zona federal o bienes nacionales vigentes, mismas que se mencionan en el capítulo II y se incluyen en el apartado de anexos de esta MIA-R integral. |
| | | Calidad de agua de superficial | Cambio potencial en la concentración de compuestos orgánicos e inorgánicos en cuerpos de agua por el arrastre en la escorrentía de |

| Medio | Factor | Subfactor | Descripción |
|---|---|---|---|
| | | | compuestos y sedimentos generados como parte de las diversas actividades mineras. |
| | | Calidad de agua subterránea | Cambio en la concentración de compuestos orgánicos e inorgánicos en el agua del manto acuífero por lixiviaciones de aguas de laboreo captadas en los tajos y mina subterránea y residuales tratadas que incidan en el cuerpo de agua. |
| | | Modificación del flujo superficial | Modificación de la escorrentía existente durante la época de lluvias por la modificación del relieve debido al desplante de obras y de las actividades mineras, como la conformación de tajos, conformación y ampliación de tepetateras, disposición de material estéril (lodos y tepetate), caminos, así como por el desvío de la escorrentía.<br>Los cauces superficiales existentes en el contexto del SAR, áreas de influencia y áreas del proyecto tienen bien definido un curso del flujo de agua. La mayoría de los cuerpos de agua superficiales presentes son de tipo intermitentes o temporales, con caudal principalmente en la época de lluvias, en los que confluye el agua de escorrentía que se forma en las partes más altas de cada zona de las microcuencas.<br>Las zonas de escurrimiento dentro del recinto minero se encuentran en buen estado de conservación. Se estima que el 57.79% del SAR cuenta con cobertura vegetal forestal primaria y secundaria, además, el 41.40% cuenta con cobertura vegetal durante determinada época del año, siendo las áreas destinadas a la producción agropecuaria, la cual se considera una cobertura vegetal del suelo deficiente o de menor protección que la brinda por las coberturas vegetales forestales.<br>La presencia de escorrentía en el SAR se ve favorecida por las altas precipitaciones anuales que se tienen, las cuales va de los 1,287.2 a los 2,235.1 mm, por la considerable superficie que no cuenta con cobertura vegetal forestal (42.21% incluyendo todos los usos de suelo que no cuentan con vegetación forestal), y por la conformación geomorfológica, la cual está dominada por geoformas con pendientes que van de moderadas a altas. |
| | | Recarga del manto freático | El proceso de infiltración de agua hacia el manto freático se ve afectado por la pérdida puntual de vegetación y la remoción del horizonte del suelo por la conformación de tajos, formación de tepetateras, disposición de material estéril y construcción de infraestructura auxiliar y de apoyo. |
| Biótico | Flora | Abundancia | Se refiere al número de individuos totales, por especie y unidad de área, lo que hace referencia a la densidad. En el SAR y áreas de influencia se identificaron un total de 252 especies, de las cuales 121 se encuentran en el AI de la Unidad Minera Molango, 173 en el AI de la Unidad Minera Naopa y 154 en el AI de la Unidad Minera Nonoalco, en los tres estratos de vegetación evaluados.<br>En el AI de la Unidad Minera Molango, las especies con mayor IVI, que es un valor que sirve para medir la importancia de cada especie en una comunidad vegetal, fueron el álamo (*Platanus mexicana*), mauto (*Lysiloma divaricatum*) y el drago (*Croton draco*), con el 21.67%, 7.84% y 7.43%, respectivamente. En el caso del AI de la Unidad Minera Naopa, donde se llevaría el cambio de uso de suelo en 37.959 ha para el desarrollo de la tepetatera Guadalupe, fueron las especies liquidámbar (*Liquidambar styraciflua*), encino colorado (*Quercus crassifolia*) y |

| Medio | Factor | Subfactor | Descripción |
|---|---|---|---|
| | | | colorían (*Erythrina americana*), con el 23.25%, 11.69 y 6.15%, en el orden citado. Y, finalmente, las especies con mayor IVI en el AI de la Unidad Minera Nonoalco fueron: álamo (*P. mexicana*), aile (*Alnus acuminata*) y liquidámbar (*L. styraciflua*), con valores de 21.04%, 9.76% y 6.35%. |
| | | Cobertura | Corte de la capa de vegetación natural que cubre parcialmente la superficie del área de instalación de infraestructura y conformación de obras mineras.<br>El desarrollo del proyecto implica la remoción de vegetación presente en las áreas de desplante de obras y desarrollo de actividades mineras. A las 69.7107 ha ya autorizada para llevar a cabo el cambio de uso de suelo en terrenos forestales para el desarrollo de los proyectos que se integran a la evaluación de esta MIA-R integral, se adicionan 37.959 ha que se verían afectadas para el desarrollo de la tepetatera Guadalupe en la Unidad Minera Naopa.<br>El área en la cual se llevaría el cambio de uso de suelo actualmente está cubierta por vegetación representativa de Bosque Mesófilo de Montaña. |
| | | Ejemplares en categoría de riesgo y relevancia ambiental | Entre las especies de flora silvestre identificadas en los muestreos para caracterizar la composición de los tipos de vegetación presentes, resaltan las especies que se encuentran listadas en la NOM-059-SEMARNAT-2010 como especies en categoría de riesgo. De las 252 especies identificas en el SAR, ocho se encuentran en la lista de especies en categoría de riesgo, de las cuales cuatro se clasifican como especies sujetas a protección especial (Pr), tres especies amenazadas (A) y una en peligro de extinción (P).<br>A nivel del área de influencia, en la Unidad Minera Molango se identificaron cinco especies, de las 123 especies totales, bajo alguna categoría de riesgo, tres sujetas a protección especial (Pr), una amenazadas (A) y la otra en peligro de extinción (P).<br>De las 174 especies de flora silvestre identificada en el AI de la Unidad Minera Naopa, solo tres se encuentran en la lista de la NOM-059-SEMARNAT-2010, dos de ellas sujetas a protección especial y una registrada como amenazada. Y, de las 154 especies de flora silvestre identificadas en el AI de la Unidad Minera Nonoalco, solo cuatro se encuentran en categoría de riesgo, dos amenazadas y mismo número sujetas a protección especial.<br>Debido al desplante de obras del proyecto es necesario llevar a cabo la remoción de la vegetación presente, involucrando a individuos pertenecientes a las especies aquí referidas. Esto implicaría afectar la abundancia y distribución de estas especies, sin poner en riesgo la presencia de alguna de las especies en la región. |
| | Fauna | Abundancia | Disminución del número de individuos que se desplazan en los sitios aledaños a las áreas de obras y actividades. La clase que agrupa a las aves resultó ser por mucho el de mayor diversidad, seguida muy por debajo de las clases que agrupa a los mamíferos, anfibios y reptiles, con 123, 17, seis y tres especies, respectivamente, a nivel del SAR. |
| | | Movilidad | Interrupción de áreas de desplazamiento, principalmente de mamíferos pequeños y reptiles. |

| Medio | Factor | Subfactor | Descripción |
|---|---|---|---|
| | | Disponibilidad de hábitat | Disminución de áreas potenciales de ser usadas como refugio, alimentación, anidación y desplazamiento para fauna silvestre. |
| | | Ejemplares en categoría de riesgo | De las 149 especies totales de fauna silvestre identificadas a nivel del SAR, 16 especies se encuentran listadas en categoría de riesgo, considerando la modificación del listado de la NOM-059-SEMARNAT-2010, siete clasificadas como especies amenazada (A), seis sujetas a protección especial (Pr) y tres en peligro de extinción (P).<br>Por clase, se tiene que solo un anfibio se encuentra clasificado como especie sujeta a protección especial. De las tres especies de reptiles, dos se encuentran en la lista de la NOM-059-SEMARNAT-2010, una clasificada como amenazada y la otra sujeta a protección especial.<br>De las 17 especies de mamíferos identificadas en el SAR, tres se encuentran en alguna categoría de riesgo, dos en peligro de extinción y una amenazada. Y, finalmente, de las 123 especies de aves 10 se encuentran en categoría de riesgo, de las cuales, cinco se clasifican como amenazadas, cuatro sujetas a protección especial y una en peligro de extinción.<br>La afectación a estas especies estaría dada por el ahuyentamiento o desplazamiento que ocasionaría el flujo vehicular y la presencia de personas por las rutas de desplazamiento y actividades del personal, sin implicar destrucción de su hábitat ni muerte o aprovechamiento de ejemplares de estas u otras especies. |
| Medio perceptual | Base paisajística | Calidad estético - paisajística | Rompimiento de la armonía estructural de los componentes del medio ambiente originales por efecto de la construcción de las obras que componen el planteamiento del proyecto.<br>La calidad del paisaje en el SAR se considera que buena, tomando en cuenta los criterios de decisión para evaluar la calidad paisajística definidos por Priego et al. (2010). El paisaje predominante está conformado por unidades morfométricas que van de geoformas clasificadas de muy alomado, muy fuerte diseccionado, a montañoso, en ocasiones alomado ligeramente diseccionado, en una región en la que el 57.79% del área cuenta con cobertura vegetal forestal primaria y secundaria.<br>Por otro lado, el SAR muestra una sensibilidad del paisaje media, donde se presenta una situación de estabilidad favorable, aunque puede ser frágil debido a acciones antrópicas que han afectado directa y notablemente los componentes bióticos, pero sin que esta afectación se considere irreversible. |
| | | Impacto visual | Contraste que representa la construcción de las obras de infraestructura y las afectaciones de la actividad minera a los componentes ambientales que impactan en la percepción visual y auditiva del paisaje en la región.<br>El paisaje formado por geoformas clasificadas de muy alomado, muy fuerte diseccionado, a montañoso, en ocasiones alomado ligeramente diseccionado, con cobertura vegetal natural y con presencia de fauna silvestre que es posible ver y escuchar, pasa a conformar estructuras y colinas y lomeríos sin cobertura vegetal, en el que predomina la presencia de material rocoso. |
| Uso de suelo | Industrial | Producción mineral | Remoción de vegetación y cambio de uso de suelo de forestal a realizar el aprovechamiento mineral. De las 1,291.3989 ha que comprenden las tres unidades mineras que conforman el proyecto, se ha obtenido la |

| Medio | Factor | Subfactor | Descripción |
|---|---|---|---|
| | | | autorización para efectuar el cambio de uso de suelo de terrenos forestales en 69.7107 ha, a la cual se suman 37.959 ha que se solicitan como parte del presente proyecto. |
| | Comunicación | Caminos de acceso | Para el movimiento de personal, materiales, insumos y bienes y servicios del exterior para el proyecto es necesario mantener el camino de acceso y caminos internos en condiciones operativas adecuadas. Además, internamente es necesario el estar rehabilitando caminos internos con las características técnicas adecuadas para el movimiento del material mineral extraído de la mina, así como para el movimiento seguro del personal y equipos especiales que se requieren en las actividades de explotación minera. |
| Socioeconómico | Dinámica poblacional | Inmigración | Arribo a la región de mano de obra calificada, especializada y no calificada, tanto directa como indirectamente, ya sea temporal o permanente, para cubrir puestos específicos demandados para la realización de actividades como parte de la ejecución del proyecto. |
| | Calidad de vida | Generación de empleos | Demanda de mano de obra calificada y no calificada, directa e indirecta, para la construcción y realización de las obras y actividades derivadas por la ejecución del proyecto, así como para la operación de este.<br>La falta de fuentes de empleo en las localidades aledañas al proyecto genera que se tenga una migración de sus pobladores, tanto estatal como nacional. El desarrollo del proyecto prioriza la contratación de mano de obra local, sin excluir y tratando por igual la mano de obra femenina. El personal que labora anualmente para la empresa ronda los 2,100 empleados, de los cuales aproximadamente el 70% son empleos permanentes y el 30% eventuales.<br>En alineación con las mejores prácticas de la industria, la compañía tiene una política de derechos humanos interna, basada en la normativa nacional y en acuerdos internacionales, como la Carta Internacional de Derechos Humanos, la Declaración de la Organización Internacional del Trabajo sobre los Principios y Derechos Fundamentales en el Trabajo. |
| | | Derrama económica local y regional | Incremento del intercambio comercial a nivel local y regional, pago de bienes y servicios demandados por personal de la empresa y la empresa misma, así como pago de salarios al personal contratado, local y foráneo. Además, el desarrollo del proyecto representa generación de ingresos directos a nivel comunitario, los cuales son independientes por la contratación de los servicios laborales.<br>Además, la empresa minera a desarrollado un esquema de proveeduría de bienes y servicios local, incluyendo el apoyo en el desarrollo comercial local y a nivel estatal, implicando un desarrollo económico más allá de SAR definido para el proyecto. |
| | | Servicios comunitarios | La empresa cuenta con un Sistema de Responsabilidad Social Empresarial, a través del cual se gestiona cualquier inquietud social en relación con sus operaciones, a la par que se implementan programas sociales que generan beneficios a favor de las comunidades con las que la compañía mantiene relación y vecindad.<br>La Compañía Minera cuenta con un esquema de apoyo a las comunidades que tienen incidencia directa e indirecta con la operación del proyecto, esquema conformado por diversos programas sociales que aportan múltiples beneficios sociales en la región. Los programas |

| Medio | Factor | Subfactor | Descripción |
|---|---|---|---|
| | | | desarrollados cumplen diversos objetivos, todos con un fuerte sentido social, entre ellos tenemos los siguientes:<br>• Sistema de atención a las comunidades. Identifica, clasifica y gestionar los eventos sociales (inquietudes/quejas, eventos atípicos, solicitudes, consultas, recomendaciones y denuncias).<br>• Convenio de responsabilidad social. Brinda una serie de beneficios a favor de las comunidades que son vecinas a la operación.<br>• Plataforma de inversión social: Se ofertan los programas transversales: Contigo Mujer, Contigo Salud, Contigo Reforestamos, Contigo Cultura y tradiciones, y Manos a la brocha.<br>• Por medio de talleres de habilidades, se generan condiciones y capacidad para que mujeres de la sierra hidalguense emprendan, dotándoles de herramientas, aprendizajes y capacidades, para su empoderamiento.<br>• Programa de protección y conservación ambiental: Se trabaja con las comunidades aledañas a las unidades mineras con respecto del cuidado del medio ambiente, a través de la estrategia de reforestación de espacio públicos comunitarios.<br>• Mediante el establecimiento de alianzas estratégicas, se acercan los servicios de salud a las comunidades de la zona de influencia de Compañía Minera Autlán, ya sea por medio de campañas de vacunación, pláticas de prevención a la salud, instalación de farmacias comunitarias, dotación de servicio médico y medicamentos.<br>• Preservación y promoción de la cultura y tradiciones: Se dota anualmente a las comunidades de la zona de influencia de las operaciones, con un recurso de hasta $10,000.00 por comunidad para actividades culturales o tradiciones regionales, incluyendo las religiosas.<br>• El programa Manos a la Brocha promueve la recuperación y rehabilitación de espacios públicos que incentiven la convivencia social. Para ello, la empresa apoya económicamente a las comunidades que quieran implementar este programa.<br>En sí, estos programas pretenden mejorar los bienes y servicios de localidades aledañas al área del proyecto por acciones impulsadas y promovidas por la empresa para el beneficio, directo e indirecto, en la región y de los habitantes. |
| | Recaudación | Pago de servicios gubernamentales | El desarrollo del proyecto implica la realización de trámites para el desarrollo del proyecto, mismos que van desde autorizaciones para su desarrollo como pagos por servicios obtenidos, antes las tres entidades de gobierno, implicando el pago por el servicio y aprovechamiento de bienes. |
| | | Ingresos tributarios | La explotación mineral implica el pago de impuestos en diversos rubros, convirtiéndose en una importante fuente de ingresos para los gobiernos de los tres diferentes órdenes, siendo la actividad minera una de las más |

| Medio | Factor | Subfactor | Descripción |
|---|---|---|---|
| | | | importantes actividades económicas impulsoras del producto interno bruto de los gobiernos. |

Con el fin de complementar la identificación de los componentes y factores que serían potencialmente afectados por el proyecto, de manera auxiliar se empleó la metodología de sobreposición de mapas, la cual es clasificada como un método gráfico. Como parte de este análisis, se sobrepusieron las obras involucradas sobre la carta de uso del suelo y vegetación, con la finalidad de poder determinar la condición o factor ambiental por afectar, por obra del proyecto.

Una vez detectados los medios, factores y subfactores ambientales potenciales de verse afectados por la ejecución de las obras y actividades del proyecto, tratando de subsanar las deficiencias de las técnicas empleadas, ya en la fase de identificación de los impactos ambientales, dentro del proceso de evaluación, se empleó un método matricial causa - efecto. Los métodos matriciales normalmente empleados para la identificación de impactos ambientales son, el denominado “Matriz de interacciones tipo Leopold” (Leopold et al., 1971), y el de Battelle – Columbus (Dee et al., 1973). En este caso, se decidió utilizar, en una primera fase, la matriz tipo Leopold.

La matriz de interacciones (causa – efecto) tipo Leopold es una metodología que puede extenderse o contraerse dependiendo del número de actividades que comprende el proyecto y del número de factores y atributos ambientales que se verán involucrados, lo que la hace una metodología flexible y práctica (Canter, 1998; Forcada, 2000; Coria, 2008). Estas características fueron las que se tomaron en cuenta para utilizarla en el proceso que nos ocupa, considerando la diversidad de obras y actividades involucradas y de los diversos factores y atributos ambientales a considerarse en la evaluación.

Para su aplicación, después de haber determinado los factores ambientales a afectar mediante la lista de chequeo y de haber identificado las obras y actividades potenciales generadoras de impactos ambientales, se procedió a elaborar la matriz (tabla de doble entrada) correspondiente. Como parte de este ejercicio, se identificaron las interacciones existentes entre los atributos (subfactores) ambientales (filas de la matriz) y las obras y/o actividades del proyecto (columnas de la matriz), con las letras A y B, las cuales hacen referencia al carácter del impacto ambiental potencial, empleando la letra “A” para identificar el impacto negativo o adverso al ambiente, y la “B”, cuando el impacto se considera positivo, por representar un beneficio.

Es importante mencionar que, en la matriz se incluyen todos los casos en los que puede haber una relación entre actividad del proyecto – subfactor ambiental, sin discriminar aquellos en que la interrelación no causa una modificación. De tal manera que, esta matriz ofrece un panorama general de las interacciones, ya sean adversas o benéficas, que cada obra o actividad del proyecto producirá sobre cada uno de los factores ambientales; sin considerar, aún, la valoración del impacto ambiental potencial identificado.

En este caso específico, los criterios que se aplicaron para la definición de los factores y subfactores ambientales que se verían afectados por la modificación son los siguientes:

- Ser representativos del entorno afectado y, consecuentemente, del impacto total producido por la ejecución del proyecto sobre el medio ambiente.
- Ser relevantes, es decir, portadores de información significativa sobre la magnitud e importancia del impacto.
- Ser excluyentes, esto es, que no existan solapamientos ni redundancias.
- Ser de fácil identificación, tanto en su concepto como en su apreciación estadística.

Se identificaron 475 relaciones de actividades del proyecto – subfactores ambientales que son susceptibles de recibir un cambio. Del total de interacciones potenciales identificadas, 217 se consideran benéficas y 258 adversas. En la etapa de preparación del sitio se identificaron solo 54 interacciones, predominando las adversas con 42 y las restantes 12 benéficas. La etapa de construcción es donde se identifica una mayor relación causa – efecto con 180 interacciones, de las cuales106 son adversas y 74 benéficas. A esta le sigue la etapa de operación y mantenimiento del proyecto con 150 interacciones, 98 adversas y 52 benéficas. La etapa de abandono resultó con 91 relaciones totales, 12 adversas y 79 benéficas. La matriz causa – efecto completa se presenta en la Tabla V.5.

***Tabla V.5. Matriz de interacciones entre actividades a ejecutar por el desarrollo del proyecto y los atributos ambientales potencialmente a impactarse, por tipo de impacto (A, adverso y, B, benéfico).***

| Aspectos ambientales | | | Etapas de desarrollo el proyecto | | |

Esta matriz ofrece un panorama general de las interacciones, ya sean adversas o benéficas, que cada actividad del proyecto produciría sobre cada uno de los factores ambientales. Para la identificación de los impactos ambientales potenciales relevantes se procede a realizar una descripción de las relaciones encontradas. Para ello, se debe considerar información relacionada con el desarrollo del proyecto y la caracterización del ambiente en el área de desarrollo.

La síntesis de las interacciones identificadas se expone en la Tabla V.6.

***Tabla V.6. Interacciones identificadas, adversas y benéficas, por factor ambiental y socioeconómico, y las etapas de desarrollo del proyecto.***

| Medio | Factor | Preparación | | Construcción | | Operación y mantenimiento | | Abandono | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Adverso | Benéfico | Adverso | Benéfico | Adverso | Benéfico | Adverso | Benéfico |
| **Abiótico** | Fisiografía | 1 | --- | 8 | 2 | 7 | 1 | --- | 7 |
| | Suelo | 7 | --- | 15 | --- | 12 | 2 | 4 | 7 |
| | Aire | 5 | 2 | 25 | 3 | 24 | 2 | 7 | 3 |
| | Agua | 5 | --- | 31 | 3 | 23 | 1 | --- | 15 |
| **Biótico** | Flora | 5 | --- | --- | --- | --- | --- | --- | 9 |
| | Fauna | 12 | --- | 6 | --- | 12 | --- | --- | 12 |
| **Medio perceptual** | Base paisajística | 2 | --- | 9 | --- | 9 | 1 | --- | 7 |
| **Uso de suelo** | Industrial | 2 | --- | --- | 4 | --- | 4 | 1 | --- |
| | Comunicación | 2 | 1 | --- | 10 | --- | 7 | --- | 3 |
| **Socio - económico** | Dinámica poblacional | --- | --- | 9 | --- | 7 | --- | --- | --- |
| | Calidad de vida | 1 | 7 | 3 | 44 | 4 | 29 | --- | 16 |
| | Recaudación | --- | 2 | --- | 8 | --- | 5 | --- | --- |
| **Interacción** | Subtotal | 42 | 12 | 106 | 74 | 98 | 52 | 12 | 79 |
| | **Total** | **54** | | **180** | | **150** | | **91** | |

## V.2.2. Valoración de impactos ambientales

Una vez detectados los medios, factores y subfactores ambientales potenciales de verse afectados por la ejecución de las obras y actividades del proyecto, tratando de subsanar las deficiencias de las técnicas empleadas, continuando con la fase de evaluación de los impactos ambientales dentro del proceso de evaluación, se empleó el método matricial denominado *Rapid Impact Assessment Matrix* modificado (RIAM-M) (Pastakia, 1998; Ijäs *et al.*, 2010). El método original fue desarrollado por Christopher Pastakia a fines de la década de los 90's (Pastakia, 1998; Pastakia y Jensen, 1998), y desde entonces es comúnmente usado en diversos tipos de evaluaciones de impacto ambiental.

Se trata de una herramienta para organizar, analizar y presentar los resultados de la evaluación de impacto ambiental a través de una matriz estructurada que permite que tanto los juicios subjetivos como los basados en datos cuantitativos se hagan de manera similar, proporcionando un registro transparente de los juicios emitidos. La forma matricial en la cual se encuentra estructurada permite realizar un análisis completo del impacto ambiental, o bien, segregar la evaluación por componente ambiental, brindándole a esta metodología flexibilidad operativa.

El RIAM es un método ampliamente usado como parte del procedimiento de evaluación de impacto ambiental, aunque fue originalmente desarrollada para la evaluación de proyectos de tipo turístico, ha sido usado indistintamente para proyectos de diversa índole, bajo diversas condiciones, escenarios y alternativas de desarrollo (Pastakia y Jensen, 1998; Pastakia y Madsen, 1998; Jensen y Laursen, 1998; Kuitunen *et al.*, 2008; Momeni *et al.*, 2011; Mahiny et al., 2011; Mihaiescu *et al.*, 2015; Fricovsky *et al*., 2016; Karami *et al.*, 2016; Valizadeh y Hakimian, 2018; Kumar *et al.,* 2019; Zand y Heir, 2022).

Además, comparando metodologías de evaluaciones de impacto ambiental, se ha concluido que el RIAM puede usarse efectivamente para comparar los impactos ambientales y sociales de proyectos aún y cuando los casos evaluados sean diferentes y solo compartan pocas cosas en común (Kuitunen *et al.*, 2008). Incluso, de los métodos semicuantitativos de evaluación de impacto ambiental, entre ellos el de Bojórquez-Tapia *et al.* (1998), Gómez-Orea (1999), Conesa (2000) y Espinoza (2002), el RIAM es el que se utiliza mayormente en artículos científicos publicados en revistas científicas indexadas que implican la evaluación del impacto ambiental.

Como método semicuantitativo, en el análisis realizado con el RIAM (ahora también RIAM modificado), la valoración de los impactos ambientales se puede traducir a una forma numérica, metodología que puede ser comparada y revisada fácilmente por las partes interesadas que no participan en el proceso de evaluación real. Es decir, se trata de un método que, en la práctica, como parte de los estudios de impacto ambiental, es fácilmente implementado por la parte interesada (el promovente del proyecto), y revisado y validado por la autoridad encargada de la evaluación y dictaminación del proyecto, así como por miembros de la sociedad civil. Dicha practicidad se sustenta en la claridad de la asignación de escalas en los criterios de valorización del impacto.

**Criterios para la evaluación de los impactos**

En el RIAM, los impactos que ocasionan las actividades de un proyecto son evaluados contra los componentes ambientales, y para cada componente se determina una escala (usando lo criterios definidos), la cual provee una medida del impacto esperado para el componente. Los criterios de evaluación importantes se dividen en dos grupos:

(A) Criterios que son importantes para la condición y que pueden cambiar individualmente la puntuación obtenida.

(B) Criterios que son el valor de la situación, pero individualmente no pueden ser capaces de cambiar el valor obtenido.

Originalmente se utilizaban cinco criterios de evaluación: importancia del impacto (A1), magnitud (A2), permanencia (B1), reversibilidad (B2) y acumulabilidad (B3) (Pastakia, 1998). Sin embargo, Ijäs *et al.* (2010) propusieron incluir la susceptibilidad del ambiente objetivo (B4) como un sexto criterio a considerar en la evaluación de los impactos como parte de esta metodología.

El valor asignado a cada uno de los grupos de criterios se determina mediante el uso de una serie de fórmulas sencillas. El sistema de puntuación requiere una simple multiplicación de las puntuaciones otorgadas a cada uno de los criterios del grupo A.

$$AT = (A1) * (A2)$$

El cero en los criterios del grupo A significa que no hay cambio o no es importante en el análisis.

Las puntuaciones para los valores de los criterios del grupo B son aditivos y juntos proveen una suma simple.

Ecuación original (Pastakias, 1998):

$$BT = B1 + B2 + B3$$

Ecuación modificada por Ijäs *et al.* (2010):

$$BT = B1 + B2 + B3 + B4$$

La puntuación de la suma de los criterios del grupo B se multiplica por el resultado de la puntuación del grupo A para obtener el puntaje de evaluación del impacto.

$$ES = AT * BT$$

ES = Es el puntaje o valor de evaluación para la condición.

El cero se evita en el grupo A y cuando no hay cambio o no es importante se representa con 1, esto para evitar obtener un valor de cero como resultado final. Las escalas para asignar el valor de cada criterio, tanto para los del grupo A como a los del grupo B, se encuentran en la Tabla V.7.

***Tabla V.7. Escalas de evaluación de los criterios a considerar en el procedimiento de evaluación de impactos ambientales en el método RIAM modificado.***

| Criterio | Escala | Descripción |
|---|---|---|
| A1: Importancia de la condición. Es evaluada contra los límites espaciales o interés humano que se vería afectado | 4 | Importancia a interés nacional / internacional: El área que cubre puede ser el país definido como un todo o el impacto objetivo tiene significancia a nivel nacional y/o internacional. |
| | 3 | Importancia a interés a nivel regional / nacional: El área que cubre puede estar definida por una región singular del país con sus alrededores inmediatos. |
| | 2 | Importancia a nivel de áreas alrededor de la condición local: El área de cobertura puede estar definida como una parte de la región, pero, sin embargo, es mayor que un impacto local. Por ejemplo, el municipio como un todo. |
| | 1 | Importancia solo en el contexto local: El área de cobertura es pequeña y puede estar definida de forma puntual, por ejemplo, una localidad dentro del municipio. |
| | 0 | Sin importancia |
| A2: Magnitud del cambio/efecto. La magnitud es definida como una medida de valoración del beneficio o no de un impacto o condición. | 3 | Mayor efecto positivo. |
| | 2 | Mejoramiento significativo del estado actual. |
| | 1 | Mejoramiento del estado actual. |
| | 0 | Sin cambio. |
| | -1 | Cambio negativo del estado actual. |
| | -2 | Cambio negativo significativo. |
| | -3 | Mayor cambio negativo. |

| Criterio | Escala | Descripción |
|---|---|---|
| B1: Permanencia. Define la temporalidad (o permanencia) del impacto. Debe ser vista como una medida temporal del estado actual de la condición. | 1 | Sin cambio o no aplica. |
| | 2 | Temporal a corto plazo: El impacto durará solo por un periodo corto de tiempo (pocas semanas o meses). |
| | 3 | Temporal a medio término: El impacto durará aproximadamente entre 1 y 10 años. |
| | 4 | Permanente o largo plazo: El impacto se entiende por ser un impacto permanente o durará por más de 10 – 15 años. |
| B2. Reversibilidad. Define si la condición puede ser cambiada. Es una medida de control sobre el efecto de la condición. | 1 | Sin cambio / no aplica. |
| | 2 | Reversible: El estado original del ambiente será restaurado rápidamente (en semanas o meses) después de que la actividad ha terminado. |
| | 3 | Reversible lentamente: El impacto cambia el ambiente sustancialmente, pero la restauración puede ser observada. Sin embargo, la recuperación total durará muchos años. |
| | 4 | Irreversible: El impacto ha cambiado el ambiente permanentemente o la restauración durará al menos entre 10 y 15 años. |
| B3. Efecto acumulativo o sinérgico del impacto. Mide si el efecto tendrá un solo impacto directo o si habrá un efecto acumulativo a través del tiempo. | 1 | Sin cambio / no aplica. |
| | 2 | No acumulativo o simple: El impacto puede estar definido como simple (sin interacción con otros impactos). |
| | 3 | Acumulativo o sinérgico: Los impactos acumulativos y/o sinérgicos existen en el ambiente del proyecto, pero las significancias de estas interacciones son inciertas. |
| | 4 | El impacto tiene efectos acumulativos o sinérgicos con el de otros proyectos o actividades que ocurren en la misma área. |
| B4. Evalúa la susceptibilidad del ambiente objetivo al cambio y afectación. Está determinado por la susceptibilidad del ambiente al cambio. | 1 | Sin cambio o no aplica. |
| | 2 | El área es estable para los cambios ambientales causados por el proyecto planificado y no tiene valores ambientales significativos que deban considerarse durante el proceso de evaluación. |
| | 3 | El área objetivo es sensible a los cambios ambientales y/o tiene valores intrínsecos localmente significativos (fuera del área objetivo real). |
| | 4 | El área objetivo es extremadamente sensible a los cambios ambientales y/o tiene valores intrínsecos con importancia a nivel regional o nacional. |

Como parte del procedimiento de evaluación del impacto y valorando los cambios al ambiente con base a los criterios y escala antes mencionada, se obtiene el puntaje de evaluación del impacto (ES), resultado de multiplicar el resultado de los criterios A y B. Para uniformizar la interpretación del grado del impacto, los valores obtenidos se ubican en la escala ambiental que consta de nueve rangos de valores en la propuesta de modificación del RIAM (Ijäs *et al.*, 2010). El rango de la escala para la evaluación en el RIAM modificado va de -192 a 192, siendo el cero la escala que indica que no hay cambio con respecto al estado actual, cuando el RIAM original tiene un rango que va de -108 a 108, dividido en 11 rangos de valores. En la Tabla V.8 se muestran los rangos de valores de las escalas para clasificar la evaluación del impacto en la propuesta de modificación del RIAM (Ijäs *et al.*, 2010), la cual es considerada en el análisis de esta propuesta.

***Tabla V.8. Rango de agrupación de la escala para el resultado de la evaluación del impacto ambiental de acuerdo con la escala del RIAM modificado.***

| Escala del valor de la evaluación (ES) | Valor alfabético del rango | Valor numérico del rango | Descripción de la agrupación del rango |
|---|---|---|---|
| 108 a 192 | D | +4 | Mayor impacto positivo |
| 54 a 107 | C | +3 | Impacto positivo significativo |
| 31 a 53 | B | +2 | Impacto positivo moderado |
| 1 a 30 | A | +1 | Impacto positivo ligero |
| 0 | N | 0 | Sin cambios en el estado actual |
| -1 a -30 | -A | -1 | Impacto negativo ligero |
| -31 a -53 | -B | -2 | Impacto negativo moderado |
| -54 a -107 | -C | -3 | Impacto negativo significativo |
| -108 a -192 | -D | -4 | Mayor impacto negativo |

**Componentes de evaluación**

Como parte del procedimiento de evaluación, los impactos ambientales identificados se clasifican en cuatro componentes ambientales de evaluación de acuerdo con el tipo de impacto de que se trate. Estos componentes ambientales caen dentro de cuatro categorías, las cuales están definidas como sigue:

- Física / química (FQ): Cubre todos los aspectos físicos y químicos del ambiente, incluyendo recursos naturales finitos (no biológicos) y degradación del ambiente físico por contaminación.
- Biológico / ecológico (BE): Cubre todos los aspectos biológicos del ambiente, incluyendo los recursos naturales renovables, conservación de la biodiversidad, interacción de especies, y contaminación de la biósfera.
- Sociológico / cultural (SC): Cubre los aspectos humanos del medio ambiente, incluyendo temas sociales que afectan a comunidades e individuos; junto con los aspectos culturales, incluyendo conservación de patrimonio y desarrollo humano.
- Económico / operacional (EO): Para identificar cuantitativamente las consecuencias económicas de los cambios ambientales, tanto temporales como permanentes, así como las complejidades del manejo del proyecto dentro del contexto de sus actividades.

## V.3. Descripción y caracterización de los impactos

Una vez que se identificaron las interacciones entre las actividades a ejecutar por el desarrollo del proyecto y los subfactores ambientales potencialmente a impactarse y haberse descrito la operatividad de la metodología a emplear en la evaluación del impacto, se describen los impactos ambientales que resultaron en la matriz de interacciones. Además, se hace la correspondiente valoración bajo los criterios del RIAM modificado (Ijäs *et al.*, 2010), considerando la metodología descrita en el apartado anterior.

En total se identificaron **31 impactos ambientales potenciales** como consecuencia del desarrollo del proyecto, entre adversos y benéficos, los cuales se determinan por el número de subfactores de los aspectos ambientales (Tabla V.5). Cada uno de ellos tiene la posibilidad de presentarse en al menos una de las cuatro diferentes etapas de desarrollo del proyecto consideradas. El entrecruzamiento de estos 31 impactos ambientales potenciales, con las 62 obras y actividades del proyecto son los que generan las 475 interacciones, adversas y benéficas, identificadas.

De acuerdo con el resultado obtenido en la matriz de identificación de impactos, en la etapa de preparación del sitio se tendrían 24 impactos ambientales potenciales; 26 en la de construcción; en la etapa de operación y mantenimiento, 27; y, mismo número en la etapa de abandono (Tabla V.9). En todos los casos, los impactos ambientales identificados serían ocasionados por diversas obras y actividades.

***Tabla V.9. Impactos ambientales potenciales por generarse por etapa de desarrollo del proyecto.***

| No | Impacto ambiental | Preparación del sitio | Construcción | Operación y mantenimiento | Abandono |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | Cambio en la conformación topográfica natural del terreno y de patrones de sedimentación de sustratos. | X | X | X | X |
| 2 | Alteración de la estabilidad geomorfológica del terreno. | --- | X | X | X |
| 3 | Pérdida / conformación de horizontes del suelo en áreas del desplante. | X | --- | X | X |
| 4 | Afectación de las propiedades físicas del suelo. | X | X | X | X |
| 5 | Cambio de las propiedades químicas y biológicas del suelo. | X | X | X | X |
| 6 | Alteración de la concentración de partículas sólidas y gases en el aire. | X | X | X | X |
| 7 | Generación de ondas acústicas fuertes, no deseadas y desagradables para el sentido. | X | X | X | X |
| 8 | Cambio en el comportamiento de factores climáticos. | X | X | X | X |
| 9 | Aprovechamiento del volumen de agua superficial autorizado para su explotación. | --- | X | X | X |
| 10 | Alteración de la composición fisicoquímica y/o bacteriológica en el agua superficial. | X | X | X | X |
| 11 | Alteración de la composición fisicoquímica y/o bacteriológica en el agua subterránea. | --- | X | X | X |
| 12 | Cambio en los flujos y movimientos de agua superficiales temporales. | X | X | X | X |
| 13 | Alteración del proceso de infiltración de agua al manto freático. | X | X | X | X |
| 14 | Cambio en la abundancia de individuos de especies de flora silvestre. | X | --- | --- | X |
| 15 | Modificación de la superficie y distribución de la cobertura y tipo de vegetación. | X | --- | --- | X |

| No | Impacto ambiental | Preparación del sitio | Construcción | Operación y mantenimiento | Abandono |
|---|---|---|---|---|---|
| 16 | Afectación a ejemplares de flora silvestre de especies en categoría de riesgo. | X | --- | --- | X |
| 17 | Disminución del número de individuos de las especies de fauna silvestre. | X | X | X | X |
| 18 | Alteración de las áreas de desplazamiento de ejemplares de fauna silvestre. | X | X | X | X |
| 19 | Reducción de áreas usadas como refugio, alimentación y reproducción de fauna silvestre. | X | --- | --- | X |
| 20 | Afectación a ejemplares de fauna silvestre de especies en categoría de riesgo y relevancia ambiental. | X | X | X | X |
| 21 | Modificación de las cualidades estético – paisajísticas. | X | X | X | X |
| 22 | Impacto en la calidad de vida de los vecinos de las obras. | --- | X | X | X |
| 23 | Obtención de recursos minerales del subsuelo. | X | X | X | X |
| 24 | Ampliación y rehabilitación de las vías de comunicación. | X | X | X | X |
| 25 | Incremento de la población económicamente activa externa que demanda bienes, servicios y empleo. | --- | X | X | --- |
| 26 | Generación de ofertas de trabajo directos e indirectos. | X | X | X | X |
| 27 | Impulso a la economía local y regional por la derrama económica. | X | X | X | X |
| 28 | Incremento de riesgos por accidentes. | X | X | X | --- |
| 29 | Desarrollo regional comunitario directo por la actividad minera. | --- | X | X | X |
| 30 | Pagos gubernamentales por los servicios demandados en diferentes dependencias. | --- | X | X | --- |
| 31 | Pago de impuestos a las diferentes dependencias por los servicios brindados. | X | X | X | --- |
| **Impactos ambientales por etapa (No.)** | | **24** | **26** | **27** | **27** |
| **Impactos ambientales totales (No.)** | | **104** | | | |

De este modo, la descripción de los impactos ambientales potenciales identificados se presenta por etapa de desarrollo del proyecto siguiendo el orden de los factores presentados en la matriz de interacciones, de arriba hacia abajo. Cada impacto ambiental potencial tiene su propia ficha descriptiva indicando el impacto al que se hace referencia, en la que se indica el factor ambiental impactado, tipo de impacto, las actividades que lo originan, su descripción y el valor de la escala de cada criterio de evaluación.

**Para la asignación de los valores incluidos en la valoración del impacto se tomó en consideración la condición de los componentes ambientales abióticos, bióticos y socioeconómicos descritos en el capítulo IV de esta MIA-R. Dichos valores están dados tomando en cuenta la descripción de las escalas de la Tabla V.7, las cuales son claras en definir su asignación; sin embargo, cuando se consideró conveniente se presenta una nota aclaratoria explicando la razón de la asignación del valor de la escala en el apartado de "Comentario" de las fichas técnicas de valoración y descripción de impactos ambientales**.

La descripción de los impactos ambientales y de las escalas se enfocó en los tipos de impactos adversos porque estos son los que representan una afectación potencial a los componentes ambientales y sobre los cuales se deben definir posteriormente las medidas ambientales. En este caso, los impactos ambientales benéficos no requieren de mayor atención, ya que estos no deben ser prevenidos, mitigados ni compensados, sino lo que se busca es potenciar su efecto, pero sin poner en riesgo la viabilidad ambiental, social ni económica del proyecto.

Al ser una MIA-R que integra las obras y actividades autorizadas para los proyectos **"Tajo Acuatitla"**, **"Tajo Naopa"** y **"Modificación del Proyecto Tajo Naopa"**, sus modificaciones autorizadas, así como nuevas obras y actividades, la descripción y análisis de los impactos se realiza considerando el proyecto como un todo. Solo en los casos que se consideró conveniente se hace referencia específica a las obras nuevas y las ampliaciones solicitadas.

Por último, previo a la descripción de los impactos ambientales potenciales identificados, es importante mencionar que al tratarse de un proyecto que integra proyectos autorizados, mismos que se encuentran en desarrollo, la descripción de los impactos se hace en tiempo futuro debido al carácter preventivo de la evaluación de impacto ambiental y por tratarse de un proyecto con un objetivo nuevo. Es de entenderse que, la mayoría de estos impactos ambientales ya se están generado por la ejecución de los proyectos autorizados.

### V.3.1. Fichas descriptivas de impactos ambientales para la etapa de preparación del sitio

| **IMPACTO AMBIENTAL 1: Cambio en la conformación topográfica natural del terreno y de patrones de sedimentación de sustratos** | |
|---|---|
| **Etapa** | Preparación del sitio |
| **Factor ambiental impactado:** | Fisiografía / relieve |
| **Tipo de impacto:** | Adverso |
| **Actividades causantes:** | • Despalme y nivelación de las áreas donde se desplantan obras o dispone material residual por habilitar.<br>• Acopio del horizonte orgánico y aluvial (A) del suelo. |
| **Descripción:** | Previo al desplante de las obras, construcción de vías de acceso, habilitación de áreas para la explotación y disposición de tepetate, apilamiento de mineral crudo y disposición de material estéril (lodos y tepetate), una vez delimitadas las áreas de desplante, se recuperan los horizontes superficiales del suelo. Esto implica modificar la pendiente de la superficie en las áreas de afectación para la construcción e instalación de la infraestructura planeada. La recuperación de la capa de suelo orgánico solo se efectúa en las áreas que por conformación del relieve se requiera dar una nivelación para tener una pendiente y consistencia técnica del área uniforme.<br>Considerando que el predio del proyecto se ubica sobre un área donde prevalecen geoformas clasificadas de muy alomado, muy fuerte diseccionado, a montañoso, en ocasiones alomado ligeramente diseccionado, las cuales se caracterizan por tener |

| **IMPACTO AMBIENTAL 1: Cambio en la conformación topográfica natural del terreno y de patrones de sedimentación de sustratos** | | | |
|---|---|---|---|
| | pendientes pronunciadas, se considera que el cambio de relieve en algunos sitios de obras sea perceptible.<br>Por otro lado, el tipo de suelo Leptosol dístrico y lítico, que predominan en el SAR y áreas de influencia del proyecto, se caracteriza por tener, por lo menos, un perfil somero, no mayor de 25 cm de profundidad y 10 cm en promedio, del cual se tendría que recuperar el horizonte aluvial por aspectos técnicos constructivos y ambientales. | | |
| **Descripción para evaluación RIAM modificado** | | | |
| **Componente de evaluación (código)** | FQ-1 | | |
| **Criterio** | **Valor** | **Comentario** | |
| A1: Importancia | 1 | Es un impacto que tiene efecto a nivel local, teniendo impacto directo solo en las áreas de desplante de algunas obras, sin afectar otras fuera de las unidades mineras, como el área de influencia, o áreas dentro del predio que no estén consideradas para el desarrollo de infraestructura o de actividades mineras. | |
| A2: Magnitud | -2 | | |
| B1: Permanencia | 4 | Toda afectación que involucre la remoción del suelo y cambio del relieve implica un periodo largo para tratar de recuperar su funcionalidad ambiental, a esto se le adiciona la superficie que comprende el proyecto y el periodo de su desarrollo hasta la etapa de operación y mantenimiento. Por lo que, todo lo anterior implica que se valorice con la mayor escala. | |
| B2. Reversibilidad | 4 | La asignación del valor se dio considerando el retorno del relieve en las áreas de mayor impacto después de aplicar las medidas ambientales considerando las obras y actividades que se realizarían. De esta forma, se tomó en cuenta que habrá áreas que difícilmente recuperarán el relieve original después de aplicar medidas ambientales, entre ellas el tajo, tepetatera y disposición de material estéril (lodos y tepetate). | |
| B3. Acumulabilidad / sinergia | 4 | Esta alteración de la conformación topográfica se suma a la que ha tenido lugar en el SAR para el desarrollo de otras actividades, como asentamientos humanos, vías de comunicación y caminos de acceso y el desarrollo de actividades agropecuarias. | |
| B4. Susceptibilidad | 4 | Se considera una región extremadamente sensible a los cambios por tratarse de su conformación geomorfológica, en la que predominan el cambio significativo de pendientes. | |
| Valor de la evaluación (ES) | -32 | Valor alfabético | -B (Impacto negativo moderado) |

| **IMPACTO AMBIENTAL 2: Pérdida de horizontes del suelo en áreas del desplante** | |
|---|---|
| **Etapa** | Preparación del sitio |
| **Factor ambiental impactado:** | Suelo / pérdida de suelo |
| **Tipo de impacto:** | Adverso |
| **Actividades causantes:** | • Deshierbe y desmonte.<br>• Despalme y nivelación. |

| **IMPACTO AMBIENTAL 2: Pérdida de horizontes del suelo en áreas del desplante** | | | |
|---|---|---|---|
| **Descripción:** | Previo al desplante de las obras, una vez delimitadas y desmontadas las áreas de desplante de obras, se recuperarán los horizontes superficiales del suelo. Las capas de suelos, o espesor del perfil del suelo a recuperar, dependerán de las características físicas y químicas que se observen en el perfil, enfocándose a recolectar el suelo que tenga características propias para ser reusado en otras áreas del proyecto minero.<br>Considerando que en el área del proyecto predomina el tipo de suelo Leptosol, el cual se caracterizan por tener un perfil somero, no mayor de 25 cm de profundidad y 10 cm en promedio, del cual se tendría que recuperar el horizonte aluvial por aspectos técnicos constructivos y ambientales.<br>La recuperación del suelo para su reutilización es recomendable para evitar su pérdida por fenómenos hidrometeorológicos, específicamente en las áreas donde se realizaría el desmonte, así por su contenido de material, microbiota específico para continuar con los procesos internos del suelo y porque se considera un importante banco de semillas de especies de flora silvestre nativas de la región. | | |
| **Descripción para evaluación RIAM modificado** | | | |
| **Componente de evaluación (código)** | FQ-2 | | |
| **Criterio** | **Valor** | **Comentario** | |
| A1: Importancia | 1 | Tiene efecto a nivel local, teniendo impacto directo solo en las áreas de desplante de algunas obras, sin afectar áreas fuera de la unidad minera, como las áreas de influencia, o áreas dentro de las unidades mineras que no estén consideradas para el desarrollo de infraestructura o de actividades mineras. | |
| A2: Magnitud | -2 | | |
| B1: Permanencia | 4 | Toda afectación que involucre la remoción del suelo y cambio del relieve implica un periodo largo para tratar de recuperar su funcionalidad ambiental, a esto se le adiciona la superficie que comprende el proyecto y el periodo de su desarrollo hasta la etapa de operación y mantenimiento. Por lo que, todo lo anterior implica que se valorice con la mayor escala. | |
| B2. Reversibilidad | 4 | La reversibilidad del impacto ambiental en los sitios de afectación implica un periodo de más de 15 años, ya sea de manera natural o por medio de restauración inducida. De manera natural llevaría muchos años recuperar las condiciones actuales del suelo, por lo que, para recuperar su condición se tienen que realizar actividades de restauración una vez que se desocupen las áreas afectadas, lo que implica que el impacto ambiental se tenga por más de 10 años. | |
| B3. Acumulabilidad / sinergia | 4 | Si bien se trata de un región que no tiene un desarrollo industrial, siendo más relevantes las actividades agropecuarias, se han efectuado obras y actividades que han implicado la pérdida de suelo en áreas bien determinadas, como las usadas para asentamientos humanos, la construcción de vías de comunicación y caminos de acceso, así como las condicionante a la pérdida de suelo que conlleva el desarrollo de las actividades agropecuarias, por lo que, las pérdidas de suelo ocasionadas por el desarrollo del proyecto se vienen a adicionar a las ocasionadas por las obras y actividades antes mencionadas. | |
| B4. Susceptibilidad | 3 | | |
| Valor de la evaluación (ES) | -30 | Valor alfabético | -A (Impacto negativo ligero) |

| **IMPACTO AMBIENTAL 3: Afectación de las propiedades físicas del suelo (Permeabilidad)** | | | |
|---|---|---|---|
| **Etapa** | Preparación del sitio | | |
| **Factor ambiental impactado:** | Suelo / Afectación de las propiedades físicas | | |
| **Tipo de impacto:** | Adverso | | |
| **Actividades causantes:** | • Despalme y nivelación.<br>• Operación de maquinaria y vehículos. | | |
| **Descripción:** | El movimiento de vehículos y maquinaria para el traslado de personal, actividades de preparación del sitio que requieran el uso de maquinaria, como recuperación y traslado de suelo orgánico, nivelación y retiro de tocones grueso con raíces profundas, ocasionarían alteraciones en la estructura de los horizontes superficiales del suelo, como en su densidad aparente, porosidad y permeabilidad, en las áreas de rodamiento. | | |
| **Descripción para evaluación RIAM modificado** | | | |
| **Componente de evaluación (código)** | FQ-3 | | |
| **Criterio** | **Valor** | **Comentario** | |
| A1: Importancia | 1 | El área de afectación estaría muy limitada solo a las áreas de rodamiento de los vehículos que se utilicen para el movimiento de los residuos y material rescatado y de la maquinaria que se emplee para llevar a cabo las actividades de recopilación y recuperación de residuos y suelo. | |
| A2: Magnitud | -2 | | |
| B1: Permanencia | 4 | Las áreas que se verían afectadas y que no vayan a ser usadas en desplante de obras pueden recobrar las propiedades físicas alteradas una vez que las actividades que lo ocasionen paren. La recuperación de las propiedades puede ser de manera natural o mediante la implementación de medidas propias para ello. De manera natural la recuperación de las propiedades físicas del suelo suele ser un proceso muy lento, pero que se puede dar, siendo más rápido la implementación de medidas ambientales que implican el uso de maquinaria y equipos como Ripper, arados de cinceles y tendido de suelo de otros sitios y composta. | |
| B2. Reversibilidad | 4 | | |
| B3. Acumulabilidad / sinergia | 4 | Se trata de un impacto acumulativo en el área de incidencia del proyecto dado el historial del desarrollo de actividades que han implicado operación de maquinaria y vehículos, como la construcción de vías de comunicación, desarrollo de actividades agropecuarias y de los asentamientos humanos. | |
| B4. Susceptibilidad | 3 | Al ser suelos Leptosoles y Luvisoles, predominantemente, los que se caracterizan por tener un perfil poco profundo, los hace susceptibles a este tipo de alteraciones. | |
| Valor de la evaluación (ES) | -30 | Valor alfabético | -A (Impacto negativo ligero) |

| **IMPACTO AMBIENTAL 4: Cambio de las propiedades químicas y biológicas del suelo** | |
|---|---|
| **Etapa** | Preparación del sitio |
| **Factor ambiental impactado:** | Suelo / Contaminación por residuos |
| **Tipo de impacto:** | Adverso |
| **Actividades causantes:** | • Operación de maquinaria y vehículos. |

| **IMPACTO AMBIENTAL 4: Cambio de las propiedades químicas y biológicas del suelo** | | | |
|---|---|---|---|
| | • Mantenimiento de maquinaria y quipos.<br>• Manejo de hidrocarburos. | | |
| **Descripción:** | La degradación química y biológica del suelo está dada por diversas causas, como la pérdida de nutrientes y materia orgánica, salinización, acidificación y la contaminación. En esta etapa del proyecto, la degradación química y biológica está dada por la dispersión de residuos en las áreas en las que se incide y aledañas a estas dentro del predio. El mal manejo en su recolección, almacenaje temporal y transporte podría ocasionar que se dispersen y derramen en el predio convirtiéndose en un problema de contaminación ambiental y, por lo tanto, en alteración de las propiedades químicas del suelo de acuerdo con lo mencionado por Oldeman *et al.* (1991), Sivaramanan (2015) y Dragovic y Vulevic (2020).<br>Como parte de las actividades iniciales a la ejecución del proyecto se llevaría a cabo una recolección y almacenamiento temporal de los residuos dispersos en el predio, mismos que serían dispuestos en el relleno sanitario habilitado para la operatividad de la empresa promovente exprofeso. | | |
| **Descripción para evaluación RIAM modificado** | | | |
| **Componente de evaluación (código)** | FQ-4 | | |
| **Criterio** | **Valor** | **Comentario** | |
| A1: Importancia | 1 | Su baja importancia se debe a que tiene efecto solo a nivel local, a nivel del área del proyecto, sin salirse de sus límites. | |
| A2: Magnitud | -1 | El valor está asignado en relación con el tipo de residuos que se generan en esta etapa, la cantidad y el nivel de impacto que estos generan en el medio ambiente. | |
| B1: Permanencia | 4 | Dadas las condiciones que generan este impacto, tiene un efecto temporal, no obstante, tomando en cuenta que se llevaría a cabo durante toda la etapa de preparación del sitio, la cual culmina hasta después del año 2053, se considera que su efecto es permanente (más de 10 años). | |
| B2. Reversibilidad | 2 | Es un impacto que es fácilmente reversible, pero que se implementarán medidas para mantener su efecto positivo. | |
| B3. Acumulabilidad / sinergia | 3 | | |
| B4. Susceptibilidad | 2 | | |
| Valor de la evaluación (ES) | -11 | Valor alfabético | -A (Impacto negativo ligero) |

| **IMPACTO AMBIENTAL 5: Alteración de la concentración de partículas sólidas y gases en el aire** | |
|---|---|
| **Etapa** | Preparación del sitio |
| **Factor ambiental impactado:** | Aire / Calidad |
| **Tipo de impacto:** | Adverso |
| **Actividades causantes:** | • Despalme y nivelación.<br>• Operación de vehículos, maquinaria y equipos automotores.<br>• Mantenimiento de maquinaria y equipos (B). |
| **Descripción:** | Por un lado, tenemos que la operación de equipos automotores en sitios con suelos con baja humedad genera suspensión de pequeñas partículas sólidas del suelo, problema que se incrementa cuando existe viento que ayuda a su dispersión hacia áreas aledañas. |

| **IMPACTO AMBIENTAL 5: Alteración de la concentración de partículas sólidas y gases en el aire** | | |
|---|---|---|
| | Por otro lado, se tiene que los vehículos, maquinaria y equipos automotores con motores de combustión interna producen, la mayoría de ellos, principalmente tres tipos de emisiones de gases contaminantes que van directo a la atmósfera: a) emisiones evaporativas, b) emisiones por tubo de escape y, c) emisiones de partículas por el desgaste de componentes.<br>Las emisiones evaporativas son principalmente de hidrocarburos y se tienen con los vehículos automotores en reposo con el motor caliente, de combustible en circulación y durante la recarga de combustible. Y, por otro lado, las emisiones del tubo de escape se producen por la quema del combustible, conteniendo los contaminantes: monóxido de carbono (CO), dióxido de carbono ($CO_2$), óxidos de nitrógeno ($NO_X$), hidrocarburos no quemados (HC), partículas sólidas, entre otros de menor concentración. Estas emisiones dependen del tipo de vehículo, su tecnología y su sistema de control de emisiones, donde vehículos y maquinaria pesada de modelos recientes cuentan con tecnología más avanzada para la reducción de emisiones contaminantes. El mantenimiento que se dé a los vehículos automotores y factores operativos, como la velocidad de operación, la frecuencia e intensidad de las aceleraciones y las características de los combustibles determinan la concentración de los contaminantes en las emisiones de los tubos de escape.<br>La calidad del aire en la zona de la unidad minera y en el SAR, en general, es buena pues se trata de una zona rural con muy baja densidad de población y, además, se encuentra alejada de grandes centros de población y de zonas con grandes parques industriales. | |
| **Descripción para evaluación RIAM modificado** | | |
| **Componente de evaluación (código)** | FQ-5 | |
| **Criterio** | **Valor** | **Comentario** |
| A1: Importancia | 1 | En esta etapa de desarrollo del proyecto se tiene baja importancia dado que su efecto es mayormente a nivel local, a nivel del área del proyecto, el movimiento hacia áreas exteriores del proyecto son pocas. |
| A2: Magnitud | -1 | El valor se asignó tomando en cuenta el tipo y cantidad de emisiones al ambiente, entre los cuales no se encuentra ninguno tóxico, con alta residualidad en el ambiente o de gran impacto por su concentración a la salud de los pobladores. |
| B1: Permanencia | 4 | Este impacto tiene como característica que se genera cuando hay actividades, pero de manera intermitente. La generación del impacto se considera temporal a corto plazo por el periodo de actividad de los vehículos y maquinaria, pero permanente por las emisiones que se emiten durante las actividades de la etapa, la cual culmina hasta el año 2053. |
| B2. Reversibilidad | 2 | Es un impacto que es totalmente reversible y con eficientes medidas de mitigación. |
| B3. Acumulabilidad / sinergia | 3 | En el sistema ambiental se tiene actividad de vehículos pesados y ligeros que circulan por la carretera federal 105 Pachuca – Huejutla – Tempoal de Sánchez, la carretera Hidalgo Otongo – Santa Ana de Allende, así como en caminos secundarios, tanto de terracería como pavimentados, construidos dentro del SAR y áreas de influencia, por lo que, se trata de un impacto ambiental acumulativo. Sin embargo, se considera incierto por la interacción que puede generarse entre las emisiones generadas y las actualmente se emiten, dado la cantidad y distancia entre sitios de generación. |

| **IMPACTO AMBIENTAL 5: Alteración de la concentración de partículas sólidas y gases en el aire** | | | |
|---|---|---|---|
| B4. Susceptibilidad | 2 | Se considera que se trata de un ambiente estable porque no se trata de una región que tenga registro de problemas de contaminación de este tipo, no existen grandes fuentes emisoras de contaminantes y no hay ecosistemas que se vean impactos. | |
| Valor de la evaluación (ES) | -11 | Valor alfabético | -A (Impacto negativo ligero) |

| **IMPACTO AMBIENTAL 6: Generación de ondas acústicas fuertes, no deseadas y desagradables para el sentido** | |
|---|---|
| **Etapa** | Preparación del sitio |
| **Factor ambiental impactado:** | Aire / Confort sonoro |
| **Tipo de impacto:** | Adverso |
| **Actividades causantes:** | • Operación de vehículos, maquinaria y equipos para la preparación del sitio y traslado de personal.<br>• Mantenimiento de maquinaria y equipos automotores (B). |
| **Descripción:** | La operación de los vehículos automotores y de la maquinaria emitirán una intensidad de ruido que va de los 70 a 90 dB(A) para los vehículos, y de entre 78 y 107 dB(A) para la maquinaria que operaría en las actividades de remoción de vegetación, recuperación de suelo y traslado de personal.<br>Estudiando el efecto de la contaminación acústica en la fauna silvestre en general (Warren et al., 2006), y en aves, particularmente, Arpacik et al. (2016), mencionaron que ésta impacta negativamente su comportamiento, especialmente en el apareamiento, anidación y alimentación. Francis y Barber (2013) y Peris y Pescador (2004) encontraron que en ciertas especies de aves el ruido que se emite tiene un efecto adverso, pero no en toda la comunidad de aves de una región, lo que llega a reflejarse en una reducción en la diversidad de especies. Esto último también lo reportan Francis et al. (2009) estudiando el efecto que tiene la contaminación acústica en la distribución y anidamiento de aves, encontrando que el ruido redujo la diversidad de especies anidadas, guiando a una diferenciación de comunidades y favoreciendo la reproducción debido a la reducción de algunos depredadores.<br>De acuerdo con Montenegro et al. (2020), el ruido generado por el transporte provoca cambios conductuales en las aves según la intensidad que alcance: cambio en la frecuencia de vocalizaciones al llegar a los 50 dBA, incremento en la amplitud de vocalizaciones a los 57 dBA, preferencia por descansar en áreas más tranquilas a los 47 dBA, efectos en fisiología y desarrollo a los 60 dBA y cambios en abundancia, riqueza, distribución y ocupación a menor a los 46 dBA.<br>En el caso de los mamíferos se tendría un menor efecto que en las aves, considerando su cambio conductual, según los criterios potenciales mencionados por los autores antes mencionados, y a mayores niveles de ruido, notándose cambios entre los 52 dBA y los 98 dBA. En este caso, el ruido generado por el transporte incide en la búsqueda de alimento cuando se llega a los 80 dBA de presión sonora, pero a partir de los 52 dBA se esperaría un incremento en el estrés fisiológico cuando se analiza desde el punto de vista del ruido industrial, que es una fuente fija y constante de ruido.<br>Por otro lado, en reptiles el ruido llega a tener menor efecto, ya que son pocas las especies de esta clase que usan sonidos para comunicarse, entre los que se conocen que lo utilizan están los geckos (*Gekko* sp.) y el anolis verde (*Anolis carolinensis*), no identificados en el área del proyecto. |
| **Descripción para evaluación RIAM modificado** | |

| **IMPACTO AMBIENTAL 6: Generación de ondas acústicas fuertes, no deseadas y desagradables para el sentido** | | | |
|---|---|---|---|
| **Componente de evaluación (código)** | FQ-6 | | |
| **Criterio** | **Valor** | **Comentario** | |
| A1: Importancia | 1 | Considerando el tipo de actividades a realizar en esta etapa, la poca maquinaria y vehículos que se requerirían para llevarlas a cabo, el impacto será puntual, intermitente y de corta duración, existiendo una gran distancia con las localidades, asentamientos humanos y con coberturas vegetales intermedias en las que se dispersarían y bloquearían las ondas acústicas. | |
| A2: Magnitud | -1 | Es un impacto negativo por el incremento de las ondas acústicas en la atmósfera, sin llegar a ser significativo porque se espera que la operación de la máquina que se utilizaría para la recuperación de suelo en las áreas de desplante, equipo para el desmonte y deshierbe y de los vehículos que ayuden al transporte de personal tengan las condiciones óptimas. | |
| B1: Permanencia | 4 | Este impacto tiene como característica que se genera a lo largo del día, cuando hay más actividades, pero de manera intermitente. Su permanencia se considera de largo plazo por la dispersión a través del tiempo de las actividades de preparación del sitio por el desarrollo del proyecto, en la cual se ven implicadas diversas actividades, no por el tiempo que tome revertir el impacto. | |
| B2. Reversibilidad | 2 | La afectación es reversible, ya que solo se tendrá el tiempo que duren encendidas las fuentes emisoras. | |
| B3. Acumulabilidad / sinergia | 3 | En el sistema ambiental se tiene actividad de vehículos y maquinaria trabajando directa e indirectamente con la unidad minera, los cuales circulan por la carretera federal 105 Pachuca – Huejutla – Tempoal de Sánchez, la carretera Hidalgo Otongo – Santa Ana de Allende, así como en caminos secundarios, tanto de terracería como pavimentados, construidos dentro del SAR y áreas de influencia del proyecto, por lo que, se trata de un impacto ambiental acumulativo, pero incierto por la interacción que pueda darse entre las actividades del proyecto con la operación de los automotores que circulan en la región. | |
| B4. Susceptibilidad | 2 | Dada la ubicación del predio, distancia a grandes zonas urbanas y condiciones del predio, no se considera que tenga elementos altamente susceptibles a elevados niveles de ruido. | |
| Valor de la evaluación (ES) | -11 | Valor alfabético | -A (Impacto negativo ligero) |

| **IMPACTO AMBIENTAL 7: Cambio en el comportamiento de factores climáticos** | |
|---|---|
| **Etapa** | Preparación del sitio |
| **Factor ambiental impactado:** | Aire / Microclima |
| **Tipo de impacto:** | Adverso |
| **Actividades causantes:** | • Deshierbe y desmonte.<br>• Despalme y nivelación. |
| **Descripción:** | La cobertura vegetal juega un importante papel en la regulación de factores climáticos a nivel local, entre ellos se pueden mencionar su influencia en la radiación solar que llega a la superficie, en la velocidad y dirección del viento, en la humedad ambiental, regulación de la humedad del suelo y en la humedad del aire. |

| **IMPACTO AMBIENTAL 7: Cambio en el comportamiento de factores climáticos** | | | |
|---|---|---|---|
| | Dependiendo del valor que alcancen estos factores climáticos se determina la sensación del confort ambiental.<br>Lugares sin cobertura vegetal tienen una mayor incidencia y reflejo de radiación solar y el viento alcanza mayor velocidad, lo que influye en una mayor pérdida de humedad del suelo y el aire, generando una sensación de mayor temperatura ambiental local. | | |
| **Descripción para evaluación RIAM modificado** | | | |
| **Componente de evaluación (código)** | FQ-7 | | |
| **Criterio** | **Valor** | **Comentario** | |
| A1: Importancia | 1 | Este en un impacto que se manifiesta a nivel local, principalmente en el área donde se lleva a cabo la remoción de la vegetación y se exponen el material rocoso, el cual favorece el incremento del albedo (la cantidad de radiación solar que se refleja por la superficie). Un área con vegetación de bosque mixto tiene un albedo de entre 5 y 20% y un área rocosa de entre el 20 y 35%, es decir, tiene una mayor reflexión de radiación solar. | |
| A2: Magnitud | -2 | La magnitud del impacto se considera significativo dado el nivel del incremento de la absorción de la radiación que representa el dejar el suelo de las áreas de desplante de obras desnudo con respecto a la absorbancia de terrenos con cobertura vegetal. | |
| B1: Permanencia | 4 | Este efecto se inicia con la remoción de la vegetación en las áreas para la construcción de la infraestructura civil para la operatividad del proyecto y dura hasta concluir la vida útil del proyecto, por lo que cae dentro del rango de largo plazo. | |
| B2. Reversibilidad | 4 | Recuperar el estado original aplicando medidas ambientales se considera que implicaría más de 10 años, por lo que se clasifica como irreversible. | |
| B3. Acumulabilidad / sinergia | 3 | En el SAR existen áreas que han sido sometidas al cambio de uso del suelo para el desarrollo de infraestructura o para la realización de actividades agropecuarias, las cuales suman el 42.14% de la superficie del SAR, por lo que el efecto acumulativo se considera como incierto. | |
| B4. Susceptibilidad | 3 | | |
| Valor de la evaluación (ES) | -28 | Valor alfabético | -A (Impacto negativo ligero) |

| **IMPACTO AMBIENTAL 8: Alteración de la composición física, química y/o bacteriológica en el agua superficial** | |
|---|---|
| **Etapa** | Preparación del sitio |
| **Etapa** | Preparación del sitio |
| **Factor ambiental impactado:** | Agua / Calidad del agua superficial |
| **Tipo de impacto:** | Adverso |
| **Actividades causantes:** | • Despalme y nivelación |
| **Descripción:** | Las actividades que implican la pérdida de cobertura del suelo lo exponen a sufrir pérdidas por efectos de la lluvia y del viento al quedar sin su capa protectora de impactos externos y le aporta materia orgánica que favorece la cohesión en sus componentes estructurales.<br>La manipulación del horizonte del suelo para la conformación de las áreas en las que se instalarían las obras del proyecto y se realizarían las actividades mineras, rompen con la conformación estructural del perfil del suelo y lo expone a la pérdida de sus |

| IMPACTO AMBIENTAL 8: Alteración de la composición física, química y/o bacteriológica en el agua superficial | | | |
|---|---|---|---|
| | partículas por efecto de la fuerza del viento y arrastre de las corrientes de agua que forman durante la época de lluvia, la cual llega a cuerpos de agua superficiales, temporales y permanentes, formando sedimentos a lo largo de los cauces.<br>El uso de la maquinaria, vehículos y equipos automotores implica su mantenimiento y uso de hidrocarburos, por su operación y mantenimiento se tienen fugas y derrames que, algunas veces, caen al suelo accidentalmente. Estas sustancias pueden llegan a formar parte del suelo que es arrastrado por la escorrentía, pasando a ser parte de los contaminantes de cuerpos de agua superficial si no se implementan las medidas ambientales pertinentes. | | |
| **Descripción para evaluación RIAM modificado** | | | |
| **Componente de evaluación (código)** | FQ-8 | | |
| **Criterio** | **Valor** | **Comentario** | |
| A1: Importancia | 2 | Considerando la descripción de la escala, no se espera que se tenga un impacto significativo más allá del área local del proyecto donde se llevan a cabo las actividades de preparación del sitio, tomando en cuenta las condiciones de los cuerpos de agua presentes en las áreas del proyecto. | |
| A2: Magnitud | -1 | | |
| B1: Permanencia | 4 | | |
| B2. Reversibilidad | 2 | Se trata de un impacto que se puede revertir con el hecho de que se pare la acción y/o se implementen las medidas más apropiadas en tiempo. | |
| B3. Acumulabilidad / sinergia | 3 | | |
| B4. Susceptibilidad | 2 | | |
| Valor de la evaluación (ES) | -22 | Valor alfabético | -A (Impacto negativo ligero) |

| IMPACTO AMBIENTAL 9: Cambio en el flujo y movimientos de agua superficial temporal | | | |
|---|---|---|---|
| **Etapa** | Preparación del sitio | | |
| **Factor ambiental impactado:** | Agua / Modificación del flujo | | |
| **Tipo de impacto:** | Adverso | | |
| **Actividades causantes:** | • Deshierbe y desmonte.<br>• Despalme y nivelación. | | |
| **Descripción:** | La pérdida de la cobertura es la primera reguladora de la derivación de agua pluvial. Al no existir la cobertura vegetal en las áreas desmontadas se reduce el volumen de agua infiltrada y se incrementa la escorrentía siguiendo los cauces naturales definidos por la orografía y relieve del área afectada. Sin embargo, como parte de la preparación de las áreas para la construcción de obras y desarrollo de actividades, se realizan cambios a la conformación orográfica del terreno, por medio del despalme y la nivelación, alterando aún más la capacidad de retención de agua por parte del suelo y cambiando el flujo natural del agua. | | |
| **Descripción para evaluación RIAM modificado** | | | |
| **Componente de evaluación (código)** | FQ-9 | | |
| **Criterio** | **Valor** | **Comentario** | |
| A1: Importancia | 1 | Es un impacto que tiene lugar muy puntual, exclusivamente en las áreas de desplante de obras y de ejecución de actividades del proyecto, sin | |

| IMPACTO AMBIENTAL 9: Cambio en el flujo y movimientos de agua superficial temporal | | | |
|---|---|---|---|
| | | tener repercusión directa más allá de las áreas de intervención del proyecto. | |
| A2: Magnitud | -2 | Se considera un cambio adverso significativo por la condición orográfica en el área del Distrito Minero, coincidente con la del SAR, además porque en las unidades mineras y su área de influencia se tiene la presencia de cuerpos de agua intermitentes que podrían verse afectados indirectamente por el desarrollo del proyecto. | |
| B1: Permanencia | 4 | | |
| B2. Reversibilidad | 4 | | |
| B3. Acumulabilidad / sinergia | 3 | Los flujos de agua superficiales temporales en el SAR fueron modificados por la construcción de la carretera federal 105 Pachuca – Huejutla – Tempoal de Sánchez, la carretera Hidalgo Otongo – Santa Ana de Allende, así como en caminos secundarios, tanto de terracería como pavimentados, construidos dentro del SAR y áreas de influencia del proyecto, así como la construcción de asentamientos humanos. No obstante, se considera como incierto por el grado de sinergia que se tendría considerando las áreas impactadas por el desarrollo del proyecto con respecto a las afectadas por las actividades antes mencionadas en el contexto de la superficie total del SAR. | |
| B4. Susceptibilidad | 4 | La condición orográfica de la unidades mineras y SAR le da un carácter relevante al proceso del flujo y movimiento del agua superficial. | |
| Valor de la evaluación (ES) | -30 | Valor alfabético | -A (Impacto negativo ligero) |

| IMPACTO AMBIENTAL 10: Alteración del proceso de infiltración de agua al manto freático | | |
|---|---|---|
| **Factor ambiental impactado:** | Agua / Recarga del manto freático | |
| **Tipo de impacto:** | Adverso | |
| **Actividades causantes:** | • Deshierbe y desmonte.<br>• Despalme y nivelación. | |
| **Descripción:** | La pérdida de la cobertura es la primera reguladora de la derivación de agua pluvial. Al no existir la cobertura vegetal en las áreas desmontadas se reduce el volumen de agua infiltrada y se incrementa la escorrentía siguiendo los cauces naturales definidos por la orografía y relieve del área afectada. Sin embargo, como parte de la preparación de las áreas para la construcción de obras y desarrollo de actividades, se realizan cambios a la conformación orográfica del terreno, por medio del despalme y la nivelación, alterando aún más la capacidad de retención de agua por parte del suelo y cambiando el flujo natural del agua. | |
| **Descripción para evaluación RIAM modificado** | | |
| **Componente de evaluación (código)** | FQ-10 | |
| **Criterio** | **Valor** | **Comentario** |
| A1: Importancia | 1 | Es un impacto que tiene lugar muy puntual, exclusivamente en las áreas de desplante de obras y de ejecución de actividades del proyecto, sin tener repercusión directa más allá de las áreas de intervención del proyecto. |
| A2: Magnitud | -3 | Se considera un mayor cambio adverso por la condición orográfica en el área del complejo minero, coincidente con la del SAR definido. |

| IMPACTO AMBIENTAL 10: Alteración del proceso de infiltración de agua al manto freático | | | |
|---|---|---|---|
| B1: Permanencia | 4 | | |
| B2. Reversibilidad | 4 | | |
| B3. Acumulabilidad / sinergia | 4 | | |
| B4. Susceptibilidad | 4 | La condición orográfica en la unidad minera y SAR le da un carácter relevante al proceso del flujo y movimiento del agua superficial. | |
| Valor de la evaluación (ES) | -48 | Valor alfabético | -B (Impacto negativo moderado) |

| IMPACTO AMBIENTAL 11: Cambio de la abundancia de individuos de especies de flora silvestre | | |
|---|---|---|
| **Etapa** | Preparación del sitio | |
| **Factor ambiental impactado:** | Flora silvestre / Abundancia | |
| **Tipo de impacto:** | Adverso | |
| **Actividades causantes:** | • Delimitación de las áreas de obras.<br>• Deshierbe y desmonte de las áreas de obras. | |
| **Descripción:** | Para poder llevar a cabo la instalación y construcción de las obras del proyecto ha sido y es necesario liberar de la cobertura vegetal las áreas donde éstas estarían ubicadas, esto implica remover todos los individuos de flora presentes dentro de los polígonos de afectación o desplante de obras. La remoción de dichos individuos no implica la afectación de la diversidad de flora silvestre, ya que no se elimina toda una comunidad vegetal, pero sí la abundancia de ejemplares en el predio de las especies presentes.<br>El desarrollo del presente proyecto implica un incremento en la superficie que requiere el cambio de uso de suelo de vegetación forestal en 37.959 ha, los cuales se suman a las 69.7107 ha autorizadas en materia de cambio de uso de suelo de terrenos forestales para los proyectos que se integran al presente estudio. | |
| **Descripción para evaluación RIAM modificado** | | |
| **Componente de evaluación (código)** | BE-1 | |
| **Criterio** | **Valor** | **Comentario** |
| A1: Importancia | 1 | La vegetación es un componente ambiental que tiene una amplia relevancia en los ecosistemas, la afectación que reciba tendrá repercusión directa en otros componentes ambientales. No obstante, esta actividad únicamente tiene lugar dentro de las unidades mineras del proyecto, en áreas bien definidas y que corresponden a los sitios de desplante de obras. |
| A2: Magnitud | -3 | Considerando la interacción con otros componentes ambientales y el efecto directo de afectación, se considera como un cambio mayor negativo. |
| B1: Permanencia | 4 | Se estima que las áreas se irán restaurando conforme vayan cumpliendo con su función, si bien, algunas implicarán un periodo superior a los 15 años, otras tomarán un periodo más corto. |
| B2. Reversibilidad | 4 | |
| B3. Acumulabilidad / sinergia | 4 | Este impacto no se considera que tenga sinergia, pero sí acumulación con los cambios que se han dado en el SAR para el desarrollo de los asentamientos humanos, vías de comunicación y caminos de terracerías, |

| IMPACTO AMBIENTAL 11: Cambio de la abundancia de individuos de especies de flora silvestre | | | |
|---|---|---|---|
| | | áreas agropecuarias y la construcción de las líneas eléctricas de distribución y transmisión de energía. | |
| B4. Susceptibilidad | 3 | El grado de susceptibilidad ambiental del área está dada por el tipo de vegetación a afectar, su estado de conservación y la importancia de la cobertura de vegetación en el SAR tomando en cuenta los diferentes usos de suelo. | |
| Valor de la evaluación (ES) | -45 | Valor alfabético | -B (Impacto negativo moderado) |

| IMPACTO AMBIENTAL 12: Modificación de la superficie y distribución de la cobertura y tipo de vegetación | | |
|---|---|---|
| **Etapa** | Preparación del sitio | |
| **Factor ambiental impactado:** | Flora silvestre / cobertura vegetal | |
| **Tipo de impacto:** | Adverso | |
| **Actividades causantes:** | • Delimitación de las áreas de actividades y obras.<br>• Deshierbe y desmonte de las áreas de obras. | |
| **Descripción:** | Para poder llevar a cabo la construcción de las obras del proyecto es necesario limpiar las áreas donde se planeó su ubicación, esto implica desmontar la superficie de los polígonos y remover la capa de suelo para el desplante de obras y de desarrollo de actividades mineras. El desarrollo de las obras requiere la ocupación de 1,291.3989 ha para la explotación mineral, más 9,425.3273 ha para actividades de exploración (área sin traslape), de las cuales solo 37.959 ha requerirán del cambio de uso de suelo por la remoción de vegetación forestal existente, en las que se desarrolla vegetación representativa de Bosque Mesófilo de Montaña. Esta superficie de cambio de uso de suelo se suma a las 69.7107 ha originalmente autorizadas para llevar el cambio de uso de suelo en terrenos forestales de proyectos que se integran en esta MIA-R.<br>En este análisis hay que tomar en cuenta que, los tipos de vegetación primarias cubren el 27.74% del polígono del SAR y los tipos de vegetación secundaria el 30.05%. El Bosque Mesófilo de Montaña, como vegetación primaria, cubre el 25.63% del SAR, seguido del Bosque de Encino con apenas el 1.54%. Y, de los tipos de vegetación secundaria, la Arbustiva de Bosque Mesófilo de Montaña es la que ocupa mayor superficie abarcando el 15.20% del SAR, seguida de la Vegetación Secundaria Arbórea de Selva Alta Perennifolia y de la Vegetación Secundaria Arbórea de Bosque Mesófilo de Montaña, las cuales cubre el 6.99% y 3.72% del SAR.<br>El área que ya no cuenta con cobertura de vegetación forestal dentro del SAR involucra el 42.21% de las 38,998.68 ha totales, aquí se incluye, además, la superficie clasificada como área desprovista de vegetación 0.06%, los cuerpos de agua 0.06%, los asentamientos humanos 0.50%, pastizal cultivado 24.04% y los diversos tipos de agricultura que cubren el 17.36%. | |
| **Descripción para evaluación RIAM modificado** | | |
| **Componente de evaluación (código)** | BE-2 | |
| **Criterio** | **Valor** | **Comentario** |
| A1: Importancia | 1 | La vegetación es un componente ambiental que tiene una amplia relevancia en los ecosistemas, la afectación que reciba tendrá repercusión directa en otros componentes ambientales. No obstante, esta actividad únicamente tiene lugar dentro de las unidades mineras, en |

| IMPACTO AMBIENTAL 12: Modificación de la superficie y distribución de la cobertura y tipo de vegetación | | | |
|---|---|---|---|
| | | áreas bien definidas y que corresponden a los sitios de desplante de obras. | |
| A2: Magnitud | -3 | Considerando la interacción con otros componentes ambientales y el efecto directo de afectación, se considera como un cambio mayor negativo. | |
| B1: Permanencia | 4 | | |
| B2. Reversibilidad | 4 | | |
| B3. Acumulabilidad / sinergia | 4 | Este impacto no se considera que tenga sinergia, pero sí acumulación con los cambios que se han dado en el SAR para el desarrollo de los asentamientos humanos (poblaciones), áreas agropecuarias y la construcción de las vías de comunicación y tendido de las líneas eléctricas de distribución y transmisión de energía. | |
| B4. Susceptibilidad | 3 | El grado de susceptibilidad ambiental del área está dada por el tipo de vegetación a afectar, su cobertura en el predio del proyecto, estado de conservación y la importancia de la cobertura de vegetación en el SAR tomando en cuenta los diferentes usos de suelo. | |
| Valor de la evaluación (ES) | -45 | Valor alfabético | -B (Impacto negativo moderado) |

| IMPACTO AMBIENTAL 13: Afectación a ejemplares de flora silvestre de especies en categoría de riesgo | | |
|---|---|---|
| **Etapa** | Preparación del sitio | |
| **Factor ambiental impactado:** | Flora silvestre / Especies en riesgo | |
| **Tipo de impacto:** | Adverso | |
| **Actividades causantes:** | • Deshierbe y desmonte de las áreas de obras. | |
| **Descripción:** | De las 252 especies identificas en el SAR, ocho se encuentran en la lista de especies en categoría de riesgo, de las cuales cuatro se clasifican como especies sujetas a protección especial (Pr), tres especies amenazadas (A) y una en peligro de extinción (P).<br>A nivel del área de influencia, en la Unidad Minera Molango se identificaron cinco especies, de las 123 especies totales, bajo alguna categoría de riesgo, tres sujetas a protección especial (Pr), una amenazadas (A) y la otra en peligro de extinción (P).<br>De las 174 especies de flora silvestre identificada en el AI de la Unidad Minera Naopa, solo tres se encuentran en la lista de la NOM-059-SEMARNAT-2010, dos de ellas sujetas a protección especial y una registrada como amenazada. Y, de las 154 especies de flora silvestre identificadas en el AI de la Unidad Minera Nonoalco, solo cuatro se encuentran en categoría de riesgo, dos amenazadas y mismo número sujetas a protección especial. | |
| **Descripción para evaluación RIAM modificado** | | |
| **Componente de evaluación (código)** | BE-3 | |
| **Criterio** | **Valor** | **Comentario** |
| A1: Importancia | 2 | Alcanza este grado de importancia dado que se trata de especies que presentan ciertas condiciones de manejo prioritario debido a su nivel crítico en el ecosistema, el cual tiene impacto a nivel regional. |
| A2: Magnitud | -2 | Se clasifica como un impacto significativo, y no solo negativo, bajo la consideración de que no se afecta la especie en su totalidad, sino que solo sería la afectación a algunos ejemplares de especies bajo alguna |

| IMPACTO AMBIENTAL 13: Afectación a ejemplares de flora silvestre de especies en categoría de riesgo | | | |
|---|---|---|---|
| | | categoría de riesgo. Además, también es de tomar en consideración de que las especies en categoría de riesgo no solo se ubican en las unidades mineras del proyecto, sino también dentro del SAR definido para el desarrollo del proyecto. | |
| B1: Permanencia | 4 | | |
| B2. Reversibilidad | 4 | | |
| B3. Acumulabilidad / sinergia | 3 | Este impacto no se considera que tenga sinergia, pero sí acumulación con los cambios que se han dado en el SAR para el desarrollo de los asentamientos humanos (poblaciones), áreas agropecuarias y la construcción de las vías de comunicación y tendido de las líneas eléctricas de distribución y transmisión de energía. | |
| B4. Susceptibilidad | 3 | Se considera como sensible al cambio por tratarse de especies de relevancia ambiental por su categoría de riesgo que en se ubica. Sin embargo, no se alcanzan a clasificar como extremadamente sensible por tratarse de especies que se encuentran en las unidades mineras y en su área de influencia, así como en el SAR del proyecto. | |
| Valor de la evaluación (ES) | -56 | Valor alfabético | -C (Impacto negativo significativo) |

| IMPACTO AMBIENTAL 14: Disminución del número de individuos de las especies de fauna silvestre | | |
|---|---|---|
| **Etapa** | Preparación del sitio | |
| **Factor ambiental impactado:** | Fauna silvestre / Abundancia | |
| **Tipo de impacto:** | Adverso | |
| **Actividades causantes:** | • Delimitación de las áreas de obras.<br>• Deshierbe y desmonte de las áreas de obras.<br>• Operación de maquinaria y vehículos. | |
| **Descripción:** | Las actividades de delimitación de áreas para el desplante de obras, deshierbe, desmonte y otras actividades que impliquen el movimiento de vehículos, maquinaria y personal, ocasionaría el ahuyentamiento de ejemplares de fauna silvestre. Además, el desmonte de las áreas de desplante de obras e instalación de módulos reduce la disponibilidad de superficie para refugio, alimentación, reproducción y percheo de fauna silvestre, lo que ocasionaría el desplazamiento de individuos a otros sitios dentro de las áreas de influencia, y el mismo SAR, en búsqueda de áreas con mayor tranquilidad y disponibilidad de hábitat. | |
| **Descripción para evaluación RIAM modificado** | | |
| **Componente de evaluación (código)** | BE-4 | |
| **Criterio** | **Valor** | **Comentario** |
| A1: Importancia | 1 | Dado que las actividades a desarrollarse para la actividad minera pueden ocasionar el desplazamiento de individuos que habitan dentro del área del proyecto, no obstante, dadas las condiciones ambientales del SAR, se considera que no tendría un impacto más allá de lo local. |
| A2: Magnitud | -2 | |
| B1: Permanencia | 4 | |
| B2. Reversibilidad | 4 | |
| B3. Acumulabilidad / sinergia | 4 | |

| IMPACTO AMBIENTAL 14: Disminución del número de individuos de las especies de fauna silvestre | | | |
|---|---|---|---|
| B4. Susceptibilidad | 3 | Se considera como sensible a cambios ambientales por el grado de conservación de las áreas forestales que brindan servicios ambientales a la fauna silvestre, pero sin llegar a clasificarse como extremadamente sensible tomando en consideración que dentro del mismo SAR existen áreas en condiciones de hábitat similares a las de las unidades mineras del proyecto. | |
| Valor de la evaluación (ES) | -30 | Valor alfabético | -A (Impacto negativo ligero) |

| IMPACTO AMBIENTAL 15: Alteración de las áreas de desplazamiento de ejemplares de fauna silvestre | | |
|---|---|---|
| **Etapa** | Preparación del sitio | |
| **Factor ambiental impactado:** | Fauna silvestre / Movilidad | |
| **Tipo de impacto:** | Adverso | |
| **Actividades causantes:** | • Delimitación de las áreas de obras.<br>• Deshierbe y desmonte de las áreas de obras.<br>• Despalme y nivelación.<br>• Operación de maquinaria y vehículos. | |
| **Descripción:** | El desmonte, despalme y nivelación, y las actividades en general, reducirían y afectarían el desplazamiento de la fauna silvestre, principalmente de los reptiles y mamíferos. La afectación estaría asociada a la reducción de las áreas con vegetación que funcionan como refugio y alimentación, las emisiones de ondas acústicas fuertes provenientes de los vehículos y maquinaria y el movimiento en general del personal que realizaría las actividades. | |
| **Descripción para evaluación RIAM modificado** | | |
| **Componente de evaluación (código)** | BE-5 | |
| **Criterio** | **Valor** | **Comentario** |
| A1: Importancia | 1 | Las afectaciones que se tendrían en el ambiente y que incidirían en el desplazamiento de la fauna silvestre, principalmente de las de desplazamiento a nivel de suelo, serían puntuales dentro de las unidades mineras y, en menor grado, dentro del área de influencia. No se espera que se tenga impacto en todo el SAR. |
| A2: Magnitud | -3 | Se considera que se genera un cambio negativo significativo por el conjunto de actividades que ocasionan este impacto ambiental y el área que se vería involucrada. |
| B1: Permanencia | 4 | |
| B2. Reversibilidad | 4 | La afectación al desplazamiento de la fauna silvestre se da durante toda la etapa de preparación del sitio y esto incluye la realización de todas las actividades, y lo que ello implica, para la preparación de las áreas de desplante de obras. |
| B3. Acumulabilidad / sinergia | 4 | En el sistema ambiental se tiene actividad de vehículos y maquinaria trabajando directa e indirectamente con la empresa minera, los cuales circulan por las vías de comunicación y caminos de terracería aledaño y dentro de las unidades mineras del proyecto, por lo que, se trata de un impacto ambiental acumulativo. |
| B4. Susceptibilidad | 3 | |

| **IMPACTO AMBIENTAL 15: Alteración de las áreas de desplazamiento de ejemplares de fauna silvestre** | | | |
|---|---|---|---|
| Valor de la evaluación (ES) | -45 | Valor alfabético | -B (Impacto negativo moderado) |

| **IMPACTO AMBIENTAL 16: Reducción de áreas usadas como refugio, alimentación y reproducción para ejemplares de fauna silvestre** | | | |
|---|---|---|---|
| **Etapa** | Preparación del sitio | | |
| **Factor ambiental impactado:** | Fauna silvestre / Disponibilidad de hábitat | | |
| **Tipo de impacto:** | Adverso | | |
| **Actividades causantes:** | • Deshierbe y desmonte de las áreas de obras.<br>• Despalme y nivelación. | | |
| **Descripción:** | La diversidad y abundancia de fauna silvestre terrestre en una región se encuentra fuertemente asociada al grado de conservación y distribución de la flora silvestre, ya que esta funciona como fuente de alimentación, refugio, reproducción y percheo para la fauna.<br>La reducción de la cobertura vegetal para la preparación de las áreas a construir disminuye las áreas donde la fauna silvestre pudiera obtener los servicios básicos para desarrollarse. La pérdida de esta área con cobertura vegetal se viene a sumar a otras áreas que fueron sometidas a cambio de uso de suelo, pasando de forestal a otro uso productivo. | | |
| **Descripción para evaluación RIAM modificado** | | | |
| **Componente de evaluación (código)** | BE-6 | | |
| **Criterio** | **Valor** | **Comentario** | |
| A1: Importancia | 1 | Si bien, las actividades a desarrollarse en el proyecto pueden ocasionar el desplazamiento de individuos que habitan dentro de las unidades mineras del proyecto, se considera que el impacto no tendría mayor relevancia más allá del polígono del SAR tomando en cuenta las condiciones ambientales favorables que aún privan dentro del polígono. | |
| A2: Magnitud | -2 | Se genera un cambio negativo por la afectación parcial a la cobertura vegetal en las áreas de construcción de obras y actividades mineras que implican el desarrollo del proyecto. | |
| B1: Permanencia | 4 | | |
| B2. Reversibilidad | 4 | | |
| B3. Acumulabilidad / sinergia | 4 | En el SAR se identificaron diversos sitios que ya fueron alterados para la construcción de viviendas, vías de comunicación, instalación de líneas eléctricas y, sobre todo, para el desarrollo de actividades agropecuarias. | |
| B4. Susceptibilidad | 3 | | |
| Valor de la evaluación (ES) | -30 | Valor alfabético | -A (Impacto negativo ligero) |

| **IMPACTO AMBIENTAL 17: Afectación a ejemplares de fauna silvestre de especies en categoría de riesgo relevancia ambiental** | |
|---|---|
| **Etapa** | Preparación del sitio |
| **Factor ambiental impactado:** | Fauna silvestre / Especies en categoría de riesgo |
| **Tipo de impacto:** | Adverso |
| **Actividades causantes:** | • Deshierbe y desmonte de las áreas de obras. |

| **IMPACTO AMBIENTAL 17: Afectación a ejemplares de fauna silvestre de especies en categoría de riesgo relevancia ambiental** | | | |
|---|---|---|---|
| | • Despalme y nivelación.<br>• Operación de maquinaria y vehículos. | | |
| **Descripción:** | La alteración de las áreas de desplazamiento, más el movimiento de equipos automotores y del personal, ocasionarían una afectación del hábitat de la fauna silvestre, incluyendo a los ejemplares de especies catalogadas en alguna categoría de riesgo, tomando en cuenta que de las 149 especies totales de fauna silvestre identificadas a nivel del SAR, 16 especies se encuentran listadas en categoría de riesgo, considerando la modificación del listado de la NOM-059-SEMARNAT-2010, siete clasificadas como especies amenazada (A), seis sujetas a protección especial (Pr) y tres en peligro de extinción (P).<br>Por clase, se tiene que solo un anfibio se encuentra clasificado como especie sujeta a protección especial. De las tres especies de reptiles, dos se encuentran en la lista de la NOM-059-SEMARNAT-2010, una clasificada como amenazada y la otra sujeta a protección especial.<br>De las 17 especies de mamíferos identificadas en el SAR, tres se encuentran en alguna categoría de riesgo, dos en peligro de extinción y una amenazada. Y, finalmente, de las 123 especies de aves 10 se encuentran en categoría de riesgo, de las cuales, cinco se clasifican como amenazadas, cuatro sujetas a protección especial y una en peligro de extinción.<br>La afectación que se ocasionaría a ejemplares de estas especies no implica la eliminación de las especies o ejemplares, sino solo desplazamiento de su área de influencia. | | |
| **Descripción para evaluación RIAM modificado** | | | |
| **Componente de evaluación (código)** | BE-7 | | |
| **Criterio** | **Valor** | **Comentario** | |
| A1: Importancia | 1 | Si bien, las actividades a desarrollarse en el proyecto pueden ocasionar el desplazamiento de individuos que habitan dentro del área de actuación para el desarrollo del proyecto, se considera que el impacto no tendría mayor relevancia más allá del ambiente local tomando en cuenta las condiciones ambientales favorables que aún privan dentro del polígono. | |
| A2: Magnitud | -3 | Se clasifica como un impacto mayor significativo, y no solo negativo, bajo la consideración de que se afectarían individuos de especies que tienen una categoría de riesgo, por lo tanto, se consideran de relevancia ambiental. | |
| B1: Permanencia | 4 | | |
| B2. Reversibilidad | 4 | | |
| B3. Acumulabilidad / sinergia | 4 | | |
| B4. Susceptibilidad | 3 | Se considera un impacto sensible debido a la categoría de riesgo de las especies, no obstante, la disponibilidad de hábitat para su desarrollo. | |
| Valor de la evaluación (ES) | -45 | Valor alfabético | -B (Impacto negativo moderado) |

| **IMPACTO AMBIENTAL 18: Modificación de las cualidades estético - paisajísticas** | |
|---|---|
| **Etapa** | Preparación del sitio |
| **Factor ambiental impactado:** | Paisaje / Calidad estético - paisajística |

| **IMPACTO AMBIENTAL 18: Modificación de las cualidades estético - paisajísticas** | | | |
|---|---|---|---|
| **Tipo de impacto:** | Adverso | | |
| **Actividades causantes:** | • Deshierbe y desmonte de las áreas de obras.<br>• Despalme y nivelación (Alteración de la conformación topográfica). | | |
| **Descripción:** | El desmonte que se realizaría en las áreas de desplante de obras y la recuperación de los horizontes superficiales del suelo ocasionarían un contraste de unidades de paisaje. En áreas donde actualmente se tiene una cobertura vegetal, a veces interrumpida por áreas en proceso de recuperación, se verían interrumpidas por áreas sin cobertura vegetal. Además, la recuperación de los horizontes superficiales de suelo podría dejar descubierta la roca madre. En conjunto, se tendría un paisaje en el que la unidad de paisaje predominante se vería disminuido para dar lugar a un incremento de áreas sin cobertura vegetal y con el relieve alterado. | | |
| **Descripción para evaluación RIAM modificado** | | | |
| **Componente de evaluación (código)** | SC-1 | | |
| **Criterio** | **Valor** | **Comentario** | |
| A1: Importancia | 1 | Este impacto se generaría de manera puntual, a nivel de predio. | |
| A2: Magnitud | -3 | El impacto que ocasionaría el derribo de la vegetación en las áreas de desplante de obras y recuperación del suelo de los horizontes superficiales sería un cambio muy notable dentro del predio. Es por esta razón que se considera un impacto mayor negativo. | |
| B1: Permanencia | 4 | | |
| B2. Reversibilidad | 4 | | |
| B3. Acumulabilidad / sinergia | 4 | A nivel de SAR se considera que tiende a ser un impacto acumulativo, sumándose a los cambios de paisaje que han traído consigo los cambios de uso de suelo para el desarrollo de los asentamientos humanos, construcción de las vías de comunicación, como la carretera federal 105 Pachuca – Huejutla – Tempoal de Sánchez, la carretera Hidalgo Otongo – Santa Ana de Allende, así como en caminos secundarios, tanto de terracería como pavimentados, tendido de líneas de transmisión y distribución de energía eléctrica y las áreas agropecuarias. | |
| B4. Susceptibilidad | 4 | Se clasifica como un área sensible tomando en cuenta que se trata de una afectación a unidades de paisaje relevantes por su geomorfología, las cuales están insertadas en áreas con relevante cobertura vegetal forestal, mismas que se verían interrumpidas. | |
| Valor de la evaluación (ES) | -48 | Valor alfabético | -A (Impacto negativo moderado) |

| **IMPACTO AMBIENTAL 19: Obtención de recursos minerales del subsuelo** | |
|---|---|
| **Etapa** | Preparación del sitio |
| **Factor ambiental impactado:** | Uso de suelo industrial / Producción mineral |
| **Tipo de impacto:** | Adverso |
| **Actividades causantes:** | • Deshierbe y desmonte de las áreas de obras.<br>• Despalme y nivelación (Alteración de la conformación topográfica). |
| **Descripción:** | La preparación de las áreas para el desarrollo de las obras y la ejecución de las actividades para la explotación mineral de manganeso, objetivo del presente proyecto, implica la afectación de diversos componentes ambientales y romper la |

| IMPACTO AMBIENTAL 19: Obtención de recursos minerales del subsuelo | | | |
|---|---|---|---|
| | funcionalidad ambiental en dentro de las unidades mineras. Se estima que a nivel del SAR el 57.79% de su superficie se mantiene cobertura vegetal forestal, incluyendo los tipos de vegetación primaria y secundaria.<br>Tomando en cuenta que el área del predio del proyecto ha sufrido mayor alteración antrópica que el área del SAR, alterando su capacidad de brindar servicios ambientales, los efectos del proyecto sobre el ecosistema se minimizan, reduciendo su impacto cuando se hace el análisis integral a nivel SAR. | | |
| **Descripción para evaluación RIAM modificado** | | | |
| **Componente de evaluación (código)** | SC-2 | | |
| **Criterio** | **Valor** | **Comentario** | |
| A1: Importancia | 1 | Este impacto se generaría de manera puntual, a nivel de predio. | |
| A2: Magnitud | -2 | El impacto que ocasionaría el derribo de la vegetación en las áreas de desplante de obras, recuperación del suelo de los horizontes superficiales y el cambio de la geomorfología en áreas de las unidades mineras para llevar a cabo las actividades mineras serían un cambio muy notable dentro del predio. Es por esta razón que se considera un impacto negativo significativo. | |
| B1: Permanencia | 4 | | |
| B2. Reversibilidad | 4 | | |
| B3. Acumulabilidad / sinergia | 2 | En el SAR del proyecto no existe evidencia del desarrollo de otro proyecto de este tipo, aunque sí el cambio de uso de suelo para otras actividades productivas, como la construcción de vías de comunicación, habilitación de las líneas de energía eléctricas, los asentamientos humanos y las actividades agropecuarias que se practican en la región. | |
| B4. Susceptibilidad | 3 | Se considera un área sensible a nivel SAR debido a los cambios de uso suelo que han tenido lugar para el desarrollo de actividades productivas y en beneficio de la población, las cuales solo comprenden una parte menor del área del SAR. | |
| Valor de la evaluación (ES) | -26 | Valor alfabético | -A (Impacto negativo ligero) |

| IMPACTO AMBIENTAL 20: Ampliación y rehabilitación de las vías de comunicación | |
|---|---|
| **Etapa** | Preparación del sitio |
| **Factor ambiental impactado:** | Uso de suelo comunicaciones / Camino de acceso |
| **Tipo de impacto:** | Adverso |
| **Actividades causantes:** | • Deshierbe y desmonte de las áreas de obras.<br>• Despalme y nivelación (Alteración de la conformación topográfica).<br>• Operación de maquinaria y equipos (B). |
| **Descripción:** | La preparación de las áreas para la construcción y ampliación de las vías de comunicación, como los caminos de servicio, caminos de acarreo y caminos de comunicación del Distrito Minero, implica la afectación de diversos componentes ambientales y romper la funcionalidad ambiental en el área de la unidad minera. Se estima que a nivel del SAR el 57.79% de su superficie se mantiene cobertura vegetal forestal, incluyendo los tipos de vegetación primaria y secundaria.<br>Tomando en cuenta que el área del predio del proyecto ha sufrido mayor alteración antrópica que el área del SAR, alterando su capacidad de brindar servicios |

| IMPACTO AMBIENTAL 20: Ampliación y rehabilitación de las vías de comunicación | | | |
|---|---|---|---|
| | ambientales, los efectos del proyecto sobre el ecosistema se minimizan, reduciendo su impacto cuando se hace el análisis integral a nivel SAR. | | |
| **Descripción para evaluación RIAM modificado** | | | |
| **Componente de evaluación (código)** | SC-3 | | |
| **Criterio** | **Valor** | **Comentario** | |
| A1: Importancia | 1 | Este impacto se generaría de manera puntual, a nivel de predio. | |
| A2: Magnitud | -2 | El impacto que ocasionaría el derribo de la vegetación en las áreas de desplante de obras y recuperación del suelo de los horizontes superficiales sería un cambio notable dentro del predio. Es por esta razón que se considera un impacto negativo significativo. | |
| B1: Permanencia | 4 | | |
| B2. Reversibilidad | 4 | | |
| B3. Acumulabilidad / sinergia | 4 | A nivel de SAR se han construido vías de comunicación, como la carretera federal 105 Pachuca – Huejutla – Tempoal de Sánchez, la carretera Hidalgo Otongo – Santa Ana de Allende, así como en caminos secundarios, tanto de terracería como pavimentados. | |
| B4. Susceptibilidad | 3 | | |
| Valor de la evaluación (ES) | -30 | Valor alfabético | -A (Impacto negativo ligero) |

| IMPACTO AMBIENTAL 21: Incremento de riesgos por accidentes | | | |
|---|---|---|---|
| **Etapa** | Preparación del sitio | | |
| **Factor ambiental impactado:** | Calidad de vida / Riesgo de accidentes | | |
| **Tipo de impacto:** | Adverso | | |
| **Actividades causantes:** | • Operación de maquinaria y vehículos | | |
| **Descripción:** | La operación de maquinaria pesada para actividades de preparación de los sitios de trabajo trae consigo riesgos de accidentes al personal que labora en los frentes de trabajo activos. | | |
| **Descripción para evaluación RIAM modificado** | | | |
| **Componente de evaluación (código)** | SC-3 | | |
| **Criterio** | **Valor** | **Comentario** | |
| A1: Importancia | 1 | Es un impacto que se generaría a nivel local, puntualmente en los frentes de trabajo de actividades de preparación de áreas para las actividades y obras mineras dentro de las áreas de las unidades mineras. | |
| A2: Magnitud | -1 | Se considera adverso por el riesgo que correría el personal, pero solo cambio negativo porque la probabilidad de que ocurran accidentes en las actividades de preparación de sitios se considera bajo. | |
| B1: Permanencia | 4 | La permanencia está en relación con la duración de la etapa de preparación del sitio, aunque habrá largos periodos en los que no se desarrollarían actividades de preparación de nuevas áreas. | |
| B2. Reversibilidad | 2 | | |
| B3. Acumulabilidad / sinergia | 2 | | |

| IMPACTO AMBIENTAL 21: Incremento de riesgos por accidentes | | | |
|---|---|---|---|
| B4. Susceptibilidad | 2 | Se considera que el área es estable a este impacto tomando en cuenta que no existen muchas actividades que se desarrollen en el SAR que impliquen grandes riesgos para la población. | |
| Valor de la evaluación (ES) | -10 | Valor alfabético | -A (Impacto negativo ligero) |

| IMPACTO AMBIENTAL 22: Generación de ofertas de trabajo directos e indirectos | | | |
|---|---|---|---|
| **Factor ambiental impactado:** | Calidad de vida / Generación de empleos | | |
| **Tipo de impacto:** | Benéfico | | |
| **Actividades causantes:** | • Deshierbe y desmonte.<br>• Despalme y nivelación.<br>• Operación de maquinaria y vehículos.<br>• Mantenimiento de maquinaria y equipos. | | |
| **Descripción:** | Para las actividades que implican las preparaciones de los sitios de obras y actividades no se demandaría mucha mano de obra. La mayoría de ella sería mano de obra directa no calificada para realizar la limpieza, desmonte y recuperación del suelo, siendo muy bajo el requerimiento de mano de obra indirecta.<br>Para la operación de maquinaria, que no sería mucha, se demandaría mano de obra especializada en su operación.<br>Solo en la delimitación de las áreas se requeriría mano de obra calificada, la que incluye topógrafos, arquitectos e ingenieros civiles para la ubicación de las áreas de desplante e interpretación de los planos. | | |
| **Descripción para evaluación RIAM modificado** | | | |
| **Componente de evaluación (código)** | EO-1 | | |
| **Criterio** | **Valor** | **Comentario** | |
| A1: Importancia | 1 | | |
| A2: Magnitud | 1 | | |
| B1: Permanencia | 4 | | |
| B2. Reversibilidad | 1 | | |
| B3. Acumulabilidad / sinergia | 3 | | |
| B4. Susceptibilidad | 2 | | |
| Valor de la evaluación (ES) | 10 | Valor alfabético | A (Impacto positivo ligero) |

| IMPACTO AMBIENTAL 23: Impulso a la economía local y regional por la derrama económica | |
|---|---|
| **Etapa** | Preparación del sitio |
| **Factor ambiental impactado:** | Calidad de vida / Derrama económica |
| **Tipo de impacto:** | Benéfico |
| **Actividades causantes:** | • Deshierbe y desmonte.<br>• Operación de maquinaria y vehículos.<br>• Mantenimiento de maquinaria y equipos. |
| **Descripción:** | En esta etapa de desarrollo del proyecto aún no se demandaría mucha mano de obra, ni de insumos, recayendo la demanda en maquinaria para la realización de |

| **IMPACTO AMBIENTAL 23: Impulso a la economía local y regional por la derrama económica** | | | |
|---|---|---|---|
| | actividades como recuperación de suelo y desmonte y deshierbe. Estas actividades implicarían la renta de maquinaria o contratación de una empresa para que efectúe las actividades, requiriendo de una inversión y derrame económica. | | |
| **Descripción para evaluación RIAM modificado** | | | |
| **Componente de evaluación (código)** | EO-2 | | |
| **Criterio** | **Valor** | **Comentario** | |
| A1: Importancia | 1 | | |
| A2: Magnitud | 1 | | |
| B1: Permanencia | 4 | | |
| B2. Reversibilidad | 1 | | |
| B3. Acumulabilidad / sinergia | 3 | | |
| B4. Susceptibilidad | 2 | | |
| Valor de la evaluación (ES) | 10 | Valor alfabético | A (Impacto positivo ligero) |

| **IMPACTO AMBIENTAL 24: Pago de impuestos a las diferentes dependencias por los servicios brindados** | | | |
|---|---|---|---|
| **Etapa** | Preparación del sitio | | |
| **Factor ambiental impactado:** | Recaudación / Pago de impuestos | | |
| **Tipo de impacto:** | Benéfico | | |
| **Actividades causantes:** | • Pago al fondo forestal por la remoción de la vegetación forestal que implica el cambio de uso de suelo de terrenos forestales.<br>• Manejo (uso) de hidrocarburos. | | |
| **Descripción:** | La autorización para llevar a cabo la remoción de la vegetación forestal que implica el cambio de uso de suelo implica el pago el pago al fondo forestal mexicano, el cual se tiene que efectuar como parte del procedimiento de autorización de dicho trámite, previo a la emisión de la autorización. | | |
| **Descripción para evaluación RIAM modificado** | | | |
| **Componente de evaluación (código)** | EO-3 | | |
| **Criterio** | **Valor** | **Comentario** | |
| A1: Importancia | 3 | | |
| A2: Magnitud | 1 | | |
| B1: Permanencia | 4 | | |
| B2. Reversibilidad | 2 | | |
| B3. Acumulabilidad / sinergia | 2 | | |
| B4. Susceptibilidad | 2 | | |
| Valor de la evaluación (ES) | 30 | Valor alfabético | B (Impacto positivo moderado) |

## V.3.2. Fichas descriptivas de impactos ambientales para la etapa de construcción

| **IMPACTO AMBIENTAL 25: Cambio en la conformación topográfica natural del terreno y de patrones de sedimentación de sustratos** | | |
|---|---|---|
| **Etapa** | Construcción | |
| **Factor ambiental impactado:** | Fisiografía / relieve | |
| **Tipo de impacto:** | Adverso | |
| **Actividades causantes:** | • Conformación de las bases de terracería en la apertura y rehabilitación de caminos y línea de distribución de energía.<br>• Excavaciones y cimentaciones para la construcción de obras de apoyo, auxiliares, mineras y obras nuevas. | |
| **Descripción:** | Para la construcción de caminos de acceso, caminos internos y la rehabilitación de caminos existentes es importante mantener la pendiente mínima indispensable para garantizar la factibilidad en la circulación, además de tender o conformar el área de rodamiento de acuerdo con especificaciones técnicas y el uso demandando para la actividad minera. Todo ello implica alterar la conformación geomorfológica de las áreas por donde se trazan los caminos de circulación vehicular y de la maquinaria operativa del proyecto.<br>Por otro lado, la construcción de obra civil requiere estar anclada al subsuelo para brindarles resistencia, seguridad y funcionalidad operativa. Para ello, se realizan excavaciones para la construcción de las cimentaciones, por tipo de obra. Estos cambios en la conformación del relieve son puntuales y de corta duración, ya que, una vez construida la cimentación, el área no utilizada de la excavación se vuelve a cubrir. No obstante, existen obras de apoyo, como sedimentadores, y auxiliares, como cunetas y contracunetas de drenaje, que implican un cambio de relieve mayor, y mayor tiempo, para la conformación de la obra, definir su capacidad y su funcionalidad. | |
| **Descripción para evaluación RIAM modificado** | | |
| **Componente de evaluación (código)** | FQ-11 | |
| **Criterio** | **Valor** | **Comentario** |
| A1: Importancia | 1 | Es un impacto que tiene efecto a nivel local, el cual tendría lugar solo en las áreas de desplante de las obras aquí mencionadas, no en toda el área del proyecto. |
| A2: Magnitud | -2 | |
| B1: Permanencia | 4 | Este valor del criterio, el de mayor duración, se establece considerando la construcción de los caminos de acceso y obras, como los sedimentadores y las cunetas y contracunetas para el drenaje, principalmente. Existen obras en la que la afectación es menor a un año, solamente mientras se construyen los cimientos de la obra civil. |
| B2. Reversibilidad | 3 | |
| B3. Acumulabilidad / sinergia | 4 | Esta alteración de la conformación topográfica se suma a la que ha tenido lugar en el SAR para el desarrollo de otras actividades, como los asentamientos humanos y construcción de vías de comunicación, incluyendo las de terracería. |
| B4. Susceptibilidad | 4 | Se considera que el área es extremadamente sensible a alteraciones de su conformación topográfica debido a la conformación geomorfológica, en la que predominan relieves de pendientes moderadas a altas. |

| **IMPACTO AMBIENTAL 25: Cambio en la conformación topográfica natural del terreno y de patrones de sedimentación de sustratos** | | | |
|---|---|---|---|
| Valor de la evaluación (ES) | -30 | Valor alfabético | -A (Impacto negativo ligero) |

| **IMPACTO AMBIENTAL 26: Alteración de la estabilidad geomorfológica del terreno** | | | |
|---|---|---|---|
| **Etapa** | Construcción | | |
| **Factor ambiental impactado:** | Fisiografía / Estabilidad geomorfológica | | |
| **Tipo de impacto:** | Adverso | | |
| **Actividades causantes:** | • Perforaciones y voladuras.<br>• Excavaciones.<br>• Barrenación y voladuras.<br>• Obras de drenaje (B). | | |
| **Descripción:** | Para el aprovechamiento mineral de los tajos, construcción de portales y la ejecución de las obras subterráneas para la explotación de la mina subterránea, se realizarán explosiones para romper las rocas del subsuelo, acorde con las características geomecánicas de las rocas. Las vibraciones que provocan las detonaciones podrían alterar la estabilidad geológica en el área de aprovechamiento mineral del proyecto. | | |
| **Descripción para evaluación RIAM modificado** | | | |
| **Componente de evaluación (código)** | FQ-12 | | |
| **Criterio** | **Valor** | **Comentario** | |
| A1: Importancia | 1 | Es un impacto que tiene efecto a nivel local, el cual tendría lugar solo en el área de los tajos donde se llevaría a cabo la explotación mineral y la ejecución de las obras subterráneas. | |
| A2: Magnitud | -2 | El cambio negativo del estado actual está dado considerando la estabilidad del material geológico de la región, el control de las detonaciones y la dimensión del tajo. | |
| B1: Permanencia | 4 | | |
| B2. Reversibilidad | 4 | | |
| B3. Acumulabilidad / sinergia | 2 | No existen obras o actividades en el SAR que pudieran considerarse que generarían una sinergia o efecto acumulativo a las que provocaría el proyecto. | |
| B4. Susceptibilidad | 3 | | |
| Valor de la evaluación (ES) | -26 | Valor alfabético | -A (Impacto negativo ligero) |

| **IMPACTO AMBIENTAL 27: Afectación de las propiedades físicas del suelo (Permeabilidad)** | |
|---|---|
| **Etapa** | Construcción |
| **Factor ambiental impactado:** | Suelo / Afectación de las propiedades físicas |
| **Tipo de impacto:** | Adverso |
| **Actividades causantes:** | • Operación de maquinaria, vehículos y equipos automotores. |
| **Descripción:** | El movimiento de vehículos y maquinaria para el traslado de personal, actividades de constructivas que requieran el uso de maquinaria y vehículos pesados, como nivelaciones, compactaciones, retiro de materiales y acarreo de material de |

| IMPACTO AMBIENTAL 27: Afectación de las propiedades físicas del suelo (Permeabilidad) | | | |
|---|---|---|---|
| | construcción, ocasionarían alteraciones en la estructura de los horizontes superficiales del suelo, como en su densidad aparente, porosidad y permeabilidad, en las áreas de rodamiento. | | |
| **Descripción para evaluación RIAM modificado** | | | |
| **Componente de evaluación (código)** | FQ-13 | | |
| **Criterio** | **Valor** | **Comentario** | |
| A1: Importancia | 1 | El área de afectación estaría muy limitada solo a las áreas de rodamiento de los vehículos que se utilicen para el movimiento de los residuos y material rescatado y de la maquinaria que se emplee para llevar a cabo las actividades de recopilación y recuperación de residuos y suelo. | |
| A2: Magnitud | -2 | | |
| B1: Permanencia | 4 | Las áreas que se verían afectadas y que no vayan a ser usadas en desplante de obras pueden recobrar las propiedades físicas alteradas una vez que las actividades que lo ocasionen paren. La recuperación de las propiedades puede ser de manera natural o mediante la implementación de medidas propias para ello. De manera natural la recuperación de las propiedades físicas del suelo suele ser un proceso muy lento, pero que se puede dar, siendo más rápido la implementación de medidas ambientales que implican el uso de maquinaria y equipos como Ripper, arados de cinceles y tendido de suelo de otros sitios y composta. | |
| B2. Reversibilidad | 4 | | |
| B3. Acumulabilidad / sinergia | 3 | Se trata de un impacto acumulativo en el área de incidencia del proyecto dado el historial del desarrollo de actividades que han implicado mucha operación de maquinaria pesada, como la construcción de vías de comunicación y de los asentamientos humanos. Sin embargo, se considera incierto tomando en cuenta el área con esta afectación, las áreas que serían afectadas por el desarrollo del proyecto y la superficie total del SAR. | |
| B4. Susceptibilidad | 3 | Al ser suelos Leptosoles y Luvisoles, los que se caracterizan por tener un perfil poco profundo, los hace sensibles a este tipo de alteraciones. | |
| Valor de la evaluación (ES) | -28 | Valor alfabético | -A (Impacto negativo ligero) |

| IMPACTO AMBIENTAL 28: Cambio de las propiedades químicas y biológicas del suelo | |
|---|---|
| **Etapa** | Construcción |
| **Factor ambiental impactado:** | Suelo / Contaminación por residuos |
| **Tipo de impacto:** | Adverso |
| **Actividades causantes:** | • Conformación de las bases de terracería.<br>• Construcción e instalación de infraestructura.<br>• Revestimiento del portal y construcción de obras de drenaje.<br>• Construcción de obras de drenaje.<br>• Construcción de soportes en mina subterránea.<br>• Construcción y habilitación de obras de desarrollo en mina subterránea.<br>• Excavaciones y cimentaciones de obras de apoyo nuevas.<br>• Construcción e instalación de infraestructura nueva.<br>• Uso y mantenimiento de automotores y manejo de hidrocarburos. |

| **IMPACTO AMBIENTAL 28: Cambio de las propiedades químicas y biológicas del suelo** | | | |
|---|---|---|---|
| | • Manejo y uso de hidrocarburos. | | |
| **Descripción:** | Los diferentes procesos constructivos generan residuos, siendo los de tipo de manejo especial los de mayor cantidad, producto de los cortes de fierro, madera, aluminio y materiales de construcción (blocks, tabiques, ladrillos, mezcla residual y de pruebas de revenimiento), principalmente.<br>Resalta la generación de residuos peligrosos, por su efecto en el medio ambiente, salud de los trabajadores y el cuidado de su manejo, tales como suelo, arena y grava contaminada con hidrocarburos u otras sustancias clasificadas como sustancias riesgosas (pintura, desmoldantes, selladores), recipientes, empaques y materiales que se hayan usado para el manejo de sustancias peligrosas.<br>Finalmente, los trabajadores generarían residuos sólidos urbanos por el consumo de alimentos, golosinas y bebidas refrescantes que normalmente tiene lugar en este tipo de trabajos. En este rubro sobresale la gran cantidad de envases de PET y aluminio de las bebidas refrescantes y los envoltorios de golosinas que se consumen en la obra.<br>En este caso, la degradación química estaría dada por la acumulación y dispersión de residuos y el posible derrame y fugas de hidrocarburos (gasolina, diésel, aceites y grasas) u otro tipo de sustancias químicas peligrosas que se llegan a manejar. | | |
| **Descripción para evaluación RIAM modificado** | | | |
| **Componente de evaluación (código)** | FQ-14 | | |
| **Criterio** | **Valor** | **Comentario** | |
| A1: Importancia | 1 | El área de cobertura de este impacto es de ámbito puntual dentro de las unidades mineras del proyecto, sin riesgo de dispersión de los residuos fuera del predio. | |
| A2: Magnitud | -2 | Es un cambio negativo significativo del estado actual del suelo, pero sin llegar a ser mayor ya que no llegaría a cambiar las propiedades del suelo, solo en caso de suelo impregnado con residuos peligrosos líquidos, mismos que serían retirados y enviados para su tratamiento. | |
| B1: Permanencia | 4 | El riesgo del impacto sería temporal a medio término, lo que dura el proceso constructivo del proyecto. No obstante, tomando en cuenta que la construcción de obras de infraestructura se distribuye por varios años, durante la etapa de desarrollo del proyecto, implicando alta generación de residuos, considerando el tiempo definido en el criterio de evaluación del impacto. | |
| B2. Reversibilidad | 2 | El estado original del ambiente es restaurado tan pronto se terminan las actividades constructivas. | |
| B3. Acumulabilidad / sinergia | 4 | | |
| B4. Susceptibilidad | 2 | Se considera estable toda vez que en el área del SAR los problemas de degradación del suelo son mínimos, limitándose a 32.16% del SAR por degradación física por compactación en grado ligero, ocasionada por el sobrepastoreo. | |
| Valor de la evaluación (ES) | -24 | Valor alfabético | -A (Impacto negativo ligero) |

| **IMPACTO AMBIENTAL 29: Alteración de la concentración de partículas sólidas y gases en el aire** | |
|---|---|
| **Etapa** | Construcción |
| **Factor ambiental impactado:** | Aire / Calidad |

| **IMPACTO AMBIENTAL 29: Alteración de la concentración de partículas sólidas y gases en el aire** | | |
|---|---|---|
| **Tipo de impacto:** | Adverso | |
| **Actividades causantes:** | • Conformación de bases de terracería.<br>• Excavaciones para cimentaciones, zanjeo, cercado y nivelaciones.<br>• Habilitación del área de desplante.<br>• Transporte material para la construcción.<br>• Perforaciones y voladuras.<br>• Barrenación y voladuras.<br>• Construcción de obras de drenaje.<br>• Movimiento de material de excavación.<br>• Uso de maquinaria, vehículos y equipos automotores.<br>• Aplicación de riesgos de terracería (B).<br>• Mantenimiento de maquinaria y equipos (B). | |
| **Descripción:** | Los vehículos, maquinaria y equipos automotores con motores de combustión interna producen, la mayoría de ellos, tres tipos de emisiones de gases contaminantes que van directo a la atmósfera: a) emisiones evaporativas, b) emisiones por tubo de escape y, c) emisiones de partículas por el desgaste de componentes.<br>Las emisiones evaporativas son principalmente de hidrocarburos y se tienen con los vehículos automotores en reposo con el motor caliente, de combustible en circulación y durante la recarga de combustible. Y, por otro lado, las emisiones del tubo de escape se producen por la quema del combustible, conteniendo los contaminantes: monóxido de carbono (CO), dióxido de carbono ($CO_2$), óxidos de nitrógeno ($NO_X$), hidrocarburos no quemados (HC), partículas sólidas, entre otros de menor concentración. Estas emisiones dependen del tipo de vehículo, su tecnología y su sistema de control de emisiones, donde vehículos y maquinaria pesada de modelos recientes cuentan con tecnología más avanzada para la reducción de emisiones contaminantes.<br>El mantenimiento que se dé a los vehículos automotores y factores operativos, como la velocidad de operación, la frecuencia e intensidad de las aceleraciones y las características de los combustibles determinan la concentración de los contaminantes en las emisiones de los tubos de escape.<br>Por otro lado, la preparación de áreas para obras implicaría la manipulación de suelo seco que podría generar suspensión de partículas sólidas en el ambiente.<br>La calidad del aire en la zona de las unidades minera y en el SAR, en general, es buena pues se trata de una zona rural con muy baja densidad de población y, además, se encuentra alejada de grandes centros de población y de parques industriales. | |
| **Descripción para evaluación RIAM modificado** | | |
| **Componente de evaluación (código)** | FQ-15 | |
| **Criterio** | **Valor** | **Comentario** |
| A1: Importancia | 2 | Tomando en cuenta que el movimiento de vehículos automotores se daría en la mayor parte del predio y fuera de este para el movimiento de personal y acarreo de materiales e insumos, y no solo operarían a nivel de predio. Esto determina que su importancia va más allá del predio, pero sin llegar a impactar a nivel de todo el municipio que en un momento se vea involucrado. |

| IMPACTO AMBIENTAL 29: Alteración de la concentración de partículas sólidas y gases en el aire | | | |
|---|---|---|---|
| A2: Magnitud | -1 | El valor se determinó considerando la cantidad de vehículos automotores que se requerirían, modelos, mantenimiento que tendrían y tiempos de operación. | |
| B1: Permanencia | 4 | El impacto en sí para al momento de apagar la fuente generadora del problema, no obstante, la construcción de obras de infraestructura se distribuye por varios años, durante la etapa de desarrollo del proyecto, implicando la emisión de gases y suspensión de partículas de polvo, por lo que se considera como un impacto permanente, tomando como base el tiempo definido en la escala del criterio de evaluación del impacto. | |
| B2. Reversibilidad | 2 | Dadas las condiciones de la región, principalmente rural, y las fuentes generadoras del impacto y el impacto ambiental mismo, se considera totalmente reversible en el corto plazo. | |
| B3. Acumulabilidad / sinergia | 3 | En el sistema ambiental se tiene actividad de vehículos pesados y ligeros que circulan por la carretera federal 105 Pachuca – Huejutla – Tempoal de Sánchez, la carretera Hidalgo Otongo – Santa Ana de Allende, así como en caminos secundarios, tanto de terracería como pavimentados, construidos dentro del SAR y las áreas de influencia, por lo que, se trata de un impacto ambiental acumulativo. Sin embargo, se considera incierto por la interacción que puede generarse entre las emisiones generadas y las actualmente se emiten, dado la cantidad y distancia entre sitios de generación. | |
| B4. Susceptibilidad | 2 | Se trata de un ambiente estable porque no se trata de una región que tenga registro de problemas de contaminación de este tipo, no existen grandes fuentes emisoras de contaminantes y no hay ecosistemas críticos que se vean impactados. | |
| Valor de la evaluación (ES) | -22 | Valor alfabético | -A (Impacto negativo ligero) |

| IMPACTO AMBIENTAL 30: Generación de ondas acústicas fuertes, no deseadas y desagradables para el sentido | |
|---|---|
| **Etapa** | Construcción |
| **Factor ambiental impactado:** | Aire / Confort sonoro |
| **Tipo de impacto:** | Adverso |
| **Actividades causantes:** | • Perforación y voladuras.<br>• Barrenación y voladuras.<br>• Instalación de tuberías de servicio.<br>• Excavaciones y cimentaciones.<br>• Construcción e instalación de infraestructura.<br>• Uso de maquinaria, vehículos y equipos automotores.<br>• Mantenimiento de maquinaria y equipos (B). |
| **Descripción:** | Para la construcción de obras se requiere de un uso intensivo de maquinaria y equipos de construcción operando dentro del área del proyecto, así como del transporte de materiales y sustancias requeridas para la construcción y acabado de obras, con la salvedad que no todos requerirían estar encendidos al mismo tiempo, sino que estos serían por subetapas. Todos ellos emiten un nivel de ruido superior a los 68 dB(A), entre las 6:00 y 22:00 horas, y 65 dB(A), entre las 22:00 y 6:00 horas, considerado como el nivel máximo permitido para evitar alteraciones a la conducta social, de acuerdo con lo establecido en el acuerdo que modifica el numeral 5.4 de |

| **IMPACTO AMBIENTAL 30: Generación de ondas acústicas fuertes, no deseadas y desagradables para el sentido** | | | |
|---|---|---|---|
| | la NOM-081-SEMARNAT-1994. Entre estos tenemos: grúa con ruedas de goma 78 – 90 dB(A), tractor de pala mecánica 97 – 107 dB(A), máquina para soldar 85 – 90 dB(A), tracto - camión 79 – 94 dB(A), sierra para cortar 108 dB(A), esmeriladora 86 dB(A), taladro de martillo 114 dB(A). | | |
| **Descripción para evaluación RIAM modificado** | | | |
| **Componente de evaluación (código)** | FQ-16 | | |
| **Criterio** | **Valor** | **Comentario** | |
| A1: Importancia | 2 | Tomando en cuenta que el movimiento de vehículos automotores se daría en gran parte de las áreas de influencia de las unidades mineras del proyecto para el traslado de personal y acarreo de materiales e insumos, y no solo operarían a unidades mineras, esto determina que su importancia va más allá del predio, sin llegar a impactar todo el SAR ni el municipio. | |
| A2: Magnitud | -1 | El valor se determinó con base a la cantidad de vehículos, maquinaria y equipos automotores que se requerirían, modelos, mantenimiento que tendrían y tiempos de operación. | |
| B1: Permanencia | 4 | El impacto en sí para al momento de apagar la fuente generadora del problema, no obstante, al considerarse que la construcción de obras de infraestructura se distribuye por varios años, durante la etapa de desarrollo del proyecto, implicando la emisión de gases y suspensión de partículas de polvo, se evalúa como un impacto permanente, según la escala del tiempo definido en el criterio de evaluación del impacto. | |
| B2. Reversibilidad | 2 | Se considera un impacto totalmente reversible, el cual se deja de presentar al momento que la fuente que lo ocasiona deja de actuar. | |
| B3. Acumulabilidad / sinergia | 3 | En el sistema ambiental se tiene actividad de vehículos pesados y ligeros que circulan por la carretera federal 105 Pachuca – Huejutla – Tempoal de Sánchez, la carretera Hidalgo Otongo – Santa Ana de Allende, así como en caminos secundarios, tanto de terracería como pavimentados, construidos dentro del SAR y las áreas de influencia, por lo que, se trata de un impacto ambiental acumulativo. Sin embargo, se considera incierto por la interacción que puede generarse entre las emisiones generadas y las actualmente se emiten, dado la cantidad y distancia entre sitios de generación. | |
| B4. Susceptibilidad | 2 | Se considera un ambiente estable porque no se trata de una región que tenga registro de problemas de contaminación de este tipo, no existen grandes fuentes emisoras de ruido, más allá de la carretera 105, y no hay ecosistemas críticos que se vean impactados. | |
| Valor de la evaluación (ES) | -22 | Valor alfabético | -A (Impacto negativo ligero) |

| **IMPACTO AMBIENTAL 31: Cambio en el comportamiento de factores climáticos** | |
|---|---|
| **Etapa** | Construcción |
| **Factor ambiental impactado:** | Aire / Microclima |
| **Tipo de impacto:** | Adverso |
| **Actividades causantes:** | • Construcción de infraestructura y obras en general. |
| **Descripción:** | La conformación de las plataformas de obras, obras con recubrimiento de concreto y el techo de la infraestructura construida para la operación del proyecto tiende a |

| IMPACTO AMBIENTAL 31: Cambio en el comportamiento de factores climáticos | | | |
|---|---|---|---|
| | generar mayor radiación y un incremento en la temperatura ambiental a nivel puntual. | | |
| **Descripción para evaluación RIAM modificado** | | | |
| **Componente de evaluación (código)** | FQ-17 | | |
| **Criterio** | **Valor** | **Comentario** | |
| A1: Importancia | 1 | Este en un impacto que se manifiesta a nivel local, principalmente en el área donde se lleva a cabo la remoción de la vegetación, se expone el material rocoso y se construyen las obras, lo cual favorece el incremento del albedo (la cantidad de radiación solar que se refleja por la superficie). En esta etapa se toma en cuenta que los edificios, concreto y pavimento tienen más capacidad de absorber la radiación solar que un área con cobertura vegetal y que un área con suelo desnudo. | |
| A2: Magnitud | -2 | La magnitud del impacto se considera significativo dado el nivel del incremento de la absorción de la radiación por el tipo de materiales que se usa en las construcciones que comprenden las obras del proyecto con respecto a la absorbancia de terrenos con cobertura vegetal y suelo desnudo. | |
| B1: Permanencia | 4 | Este efecto se inicia con la construcción de la infraestructura civil para la operatividad del proyecto y dura hasta concluir la vida útil del proyecto, por lo que cae dentro del rango de largo plazo. | |
| B2. Reversibilidad | 4 | Recuperar el estado original aplicando medidas ambientales se considera que implicaría más de 10 años, por lo que se clasifica como irreversible. | |
| B3. Acumulabilidad / sinergia | 3 | En el SAR existen áreas que han sido sometidas al cambio de uso del suelo para el desarrollo de infraestructura o para la realización de actividades agropecuarias, las cuales representan menos del 3.0% de la superficie del SAR, por lo que el efecto acumulativo se considera como incierto. | |
| B4. Susceptibilidad | 3 | | |
| Valor de la evaluación (ES) | -28 | Valor alfabético | -A (Impacto negativo ligero) |

| IMPACTO AMBIENTAL 32: Aprovechamiento del volumen de agua superficial autorizada para su explotación. | |
|---|---|
| **Etapa** | Construcción |
| **Factor ambiental impactado:** | Agua / Disponibilidad de agua del acuífero |
| **Tipo de impacto:** | Adverso |
| **Actividades causantes:** | • Consumo de agua para la conformación de las subbases hidráulicas del camino de terracería y riego de terracería.<br>• Consumo de agua para la preparación de concreto en obra civil en general.<br>• Requerimiento de agua para la mitigación de la suspensión de partículas del suelo.<br>• Consumo de agua de los trabajadores. |
| **Descripción:** | La preparación del concreto para la construcción de cadenas, través, bardas, paredes, planchas y revestimiento demanda uso de agua. La preparación del concreto a usarse debe mantener una resistencia entre los 100 kg $m^{2-1}$ y los 140 kg $m^{2-1}$, dependiendo del uso que se vaya a dar al concreto (cimentación, trabes, cadenas, pegado de ladrillos o aplanado), por lo que en promedio se demandaría 0.700 $m^3$ de agua por tonelada de cemento. Sin embargo, hay que tener en cuenta |

| **IMPACTO AMBIENTAL 32: Aprovechamiento del volumen de agua superficial autorizada para su explotación.** | | |
|---|---|---|
| | que el alto uso de material prefabricado y estructuras metálicas en los procesos constructivos reduce mucho el uso de cemento y, por ende, el de agua.<br>La conformación de las subbases y bases hidráulicas para darle estabilidad a los caminos de terracería requieren alcanzar el nivel de compactación establecido en las normas técnicas, el cual se alcanza y mantiene bajo determinado porcentaje de humedad, el cual depende de la granulometría correspondiente de la subbase y base. Para ello, se demanda agua dulce para alcanzar el grado de humedad requerido.<br>Además, para reducir la resuspensión de partículas de suelo por el movimiento de vehículos y equipos pesados automotores se aplicarían riegos diarios en la terracería en los tramos en uso, principalmente durante la época de secas.<br>De manera global, la operación del proyecto demandará un consumo promedio de agua de 24 L $s^{-1}$, estimándose una demanda máxima de 33 L $s^{-1}$, para las actividades mineras de explotación, mitigación de polvos, operación de plantas y servicio de personal.<br>La operación del proyecto cuenta con cuatro concesiones para el aprovechamiento de aguas nacionales superficiales por un volumen total anual que suman 606,233.00 $m^3$, misma que corresponde a la demanda de agua del proyecto. El aprovechamiento se hace directamente de arroyos que cruzan por las unidades mineras, en los cuales se construyeron bordos o represas. Estas obras cuentan con los títulos de concesión para explotar, usar o aprovechar cauces, vasos, zona federal o bienes nacionales vigentes.<br>La cuenca hidrológica en la que se encuentra el SAR del proyecto cuenta con disponibilidad media anual de agua superficial de 260.985 $Mm^3$, el cual resulta de un volumen de escurrimiento aguas abajo de 446.881 $Mm^3$, a lo cual se le restan los volúmenes comprometidos de 94.916 $Mm^3$ por usos y 90.980 $Mm^3$ para flujos mínimos ecológicos. | |
| **Descripción para evaluación RIAM modificado** | | |
| **Componente de evaluación (código)** | FQ-18 | |
| **Criterio** | **Valor** | **Comentario** |
| A1: Importancia | 2 | La importancia del impacto está determinada por las características y condiciones de disponibilidad de agua y la característica de los cuerpos de agua superficiales ubicados en la cuenca hidrológica en la que se ubican las unidades mineras. |
| A2: Magnitud | -2 | Con base en la demanda de agua, el tiempo de duración de la etapa y la disponibilidad media anual de agua de la cuenca, se consideró que el impacto tendría una magnitud a nivel de cambio negativo significativo del estado actual. |
| B1: Permanencia | 4 | La demanda de agua para el proceso constructivo termina justo al momento de terminar esta etapa, no obstante, posteriormente se tiene la demanda de agua para la operación del proyecto. |
| B2. Reversibilidad | 4 | El agua es un recurso esencial para los procesos constructivos y para el desarrollo de diversas actividades, así que su demanda en el proyecto iniciará en la construcción y termina al finalizar la etapa de construcción, etapa que se evalúa en esta ficha, pero se evalúa como irreversible por tratarse de un recurso natural no renovable. |
| B3. Acumulabilidad / sinergia | 4 | Es un impacto que se suma al ocasionado por el desarrollo de las actividades y la demanda de las localidades de la región de la cuenca hidrológica donde se obtiene el agua. |

| **IMPACTO AMBIENTAL 32: Aprovechamiento del volumen de agua superficial autorizada para su explotación.** | | | |
|---|---|---|---|
| B4. Susceptibilidad | 3 | Se evalúa a nivel de sensible tomando en cuenta que se trata de una cuenca hidrológica que aún cuenta con volumen disponible para su aprovechamiento, a pesar de que cuenta con un mayor número de cuerpos de agua temporales. | |
| Valor de la evaluación (ES) | -60 | Valor alfabético | -C (Impacto negativo significativo) |

| **IMPACTO AMBIENTAL 33: Alteración de la composición física, química y/o bacteriológica en el agua superficial** | | |
|---|---|---|
| **Etapa** | Construcción | |
| **Factor ambiental impactado:** | Agua / Calidad del agua superficial | |
| **Tipo de impacto:** | Adverso | |
| **Actividades causantes:** | • Construcción de obras de drenaje en caminos de acceso y canal de desvío.<br>• Obras de drenaje en portal.<br>• Excavaciones y cimentaciones.<br>• Mantenimiento de maquinaria y equipos. | |
| **Descripción:** | Las actividades que implican la pérdida de cobertura del suelo y generación de residuos de material pétreo por excavaciones lo exponen a sufrir pérdidas por efectos de la lluvia y del viento al quedar sin su capa protectora de impactos externos y aporte de materia orgánica que favorece la cohesión en sus componentes estructurales.<br>La manipulación del horizonte del suelo, incluyendo a la roca madre que se encuentra superficialmente en los Leptosoles y Luvisoles, para la conformación de las áreas en las que se instalarán las obras del proyecto y se realizarán las actividades mineras, rompen con la estructural del perfil del suelo y lo exponen a la pérdida de sus partículas por efecto de la fuerza del viento y arrastre de las corrientes de agua que se forman durante la época de lluvia, la cual llega a cuerpos de agua superficiales, temporales y permanentes.<br>Un riesgo menor está representado por el uso de la maquinaria, vehículos y equipos automotores, mismos que demandan mantenimiento y uso de hidrocarburos. Por su operación y mantenimiento, se tienen fugas y derrames que, algunas veces, caen al suelo accidentalmente. Estas sustancias pueden llegar a formar parte del suelo que es arrastrado por la escorrentía, pasando a ser parte de los contaminantes de cuerpos de agua superficial si no se implementan las medidas ambientales pertinentes. | |
| **Descripción para evaluación RIAM modificado** | | |
| **Componente de evaluación (código)** | FQ-19 | |
| **Criterio** | **Valor** | **Comentario** |
| A1: Importancia | 2 | La escala del criterio está determinada por tratarse de un impacto que se genera de forma puntual, pero su dispersión (arrastre) puede involucrar áreas externas al predio, como áreas aledañas de las áreas de influencia. |
| A2: Magnitud | -1 | Se trata de un impacto ambiental negativo del estado actual, sin llegar a ser significativo dado el volumen de agua contaminada que pudiera ser generada y los tipos de contaminantes que contendrían, sin que ninguno de ellos llegue a considerarse tóxico, de amplia duración o residual. |

| IMPACTO AMBIENTAL 33: Alteración de la composición física, química y/o bacteriológica en el agua superficial | | | |
|---|---|---|---|
| B1: Permanencia | 4 | El impacto en sí para el momento de terminar la construcción de la obra generadora de la afectación, no obstante, al considerarse que la construcción de obras de infraestructura se distribuye por varios años, durante la etapa de desarrollo del proyecto, se considera como un impacto permanente, tomando como base el tiempo definido en el criterio de evaluación del impacto. | |
| B2. Reversibilidad | 2 | Existen medidas ambientales para prevenir, mitigar o, en caso dado, detener la generación del impacto y el impacto mismo en su totalidad. | |
| B3. Acumulabilidad / sinergia | 4 | | |
| B4. Susceptibilidad | 3 | La presencia de los cuerpos de agua superficiales intermitentes que cruzan las unidades mineras, así como las áreas de influencia y el SAR mismo, convierten la zona en un área sensible a cambios ambientales, sin llegar a considerarse extremadamente sensible por la temporalidad en que los cauces llevan agua. | |
| Valor de la evaluación (ES) | -26 | Valor alfabético | -A (Impacto negativo ligero) |

| IMPACTO AMBIENTAL 34: Alteración de la composición fisicoquímica y/o bacteriológica en el agua subterránea | |
|---|---|
| **Etapa** | Construcción |
| **Factor ambiental impactado:** | Agua / Calidad del agua subterránea |
| **Tipo de impacto:** | Adverso |
| **Actividades causantes:** | • Excavaciones y cimentaciones.<br>• Construcción / instalación de infraestructura.<br>• Operación de maquinaria, vehículos y equipos automotores en el área de obras subterráneas.<br>• Mantenimiento de maquinaria y equipos.<br>• Manejo de hidrocarburos y mantenimiento menor de automotores en el área de obras subterráneas. |
| **Descripción:** | La contaminación del acuífero en esta etapa se puede dar por la exposición del cuerpo de agua y la realización de obras y actividades en áreas de corrientes internas, principalmente en el área del tajo y de obras subterráneas. La generación de material residual, el movimiento de maquinaria y otros equipos automotores, instalación de servicios para la explotación subterránea, acondicionamiento del portal y derrames y fugas accidentales son las potenciales fuentes generadoras de alteración de la calidad de agua subterránea.<br>Se trata de una región en la que se tiene baja permeabilidad debido a su conformación geológica, en la que predominan las rocas sedimentarias y extrusivas, que se trata de rocas altamente consolidada con porosidad baja y sin fisuras naturales.<br>El agua subterránea ocurre bajo condiciones de nivel freático, no se encuentra confinada.<br>Estudios realizados al agua subterránea determinan que se trata de agua de buena calidad, sin parámetros que exceden los límites máximos establecidos manejados por la CONAGUA para determinar la calidad del agua subterránea. |
| **Descripción para evaluación RIAM modificado** | |
| **Componente de evaluación (código)** | FQ-20 |

| IMPACTO AMBIENTAL 34: Alteración de la composición fisicoquímica y/o bacteriológica en el agua subterránea | | | |
|---|---|---|---|
| **Criterio** | **Valor** | **Comentario** | |
| A1: Importancia | 2 | Se considera un impacto que se genera de forma puntual, pero su dispersión (arrastre) puede involucrar áreas más allá de los límites del predio, acorde con la capacidad de dispersión de los contaminantes y corrientes en el cuerpo de agua en un momento determinado. | |
| A2: Magnitud | -1 | Se trata de un impacto ambiental negativo del estado actual, sin llegar a ser significativo dado el volumen de agua potencial a ser alterada y los tipos de contaminantes, básicamente partículas sólidas de suelo, sin que ninguno de ellos derive de sustancias químicas tóxicas, tales como pesticidas, sustancias químicas o residuos peligrosos, o de amplia residualidad. | |
| B1: Permanencia | 4 | El impacto en sí para el momento de terminar la construcción de la obra generadora de la afectación, no obstante, se le evaluó como una permanencia amplia por la continuidad de actividades durante la operación del proyecto. | |
| B2. Reversibilidad | 2 | Existen medidas ambientales para prevenir, mitigar o, en caso dado, detener la generación del impacto mismo en su totalidad en un periodo de tiempo corto. | |
| B3. Acumulabilidad / sinergia | 2 | | |
| B4. Susceptibilidad | 2 | No se identificaron fuentes potencialmente susceptibles de ser afectadas por el desarrollo del proyecto. | |
| Valor de la evaluación (ES) | -20 | Valor alfabético | -A (Impacto negativo ligero) |

| IMPACTO AMBIENTAL 35: Cambio en los flujos y movimientos de agua superficiales temporales | | | |
|---|---|---|---|
| **Etapa** | Construcción | | |
| **Factor ambiental impactado:** | Agua / Modificación del flujo superficial | | |
| **Tipo de impacto:** | Adverso | | |
| **Actividades causantes:** | • Conformación de bases de terracería.<br>• Habilitación de áreas de desplante.<br>• Obras de drenaje (B). | | |
| **Descripción:** | La conformación de la estructura de la obra civil y la nivelación del terreno para vías de comunicación implicaría reducir la permeabilidad de la superficie, generándose escorrentía y cambio en el sentido de esta. Esto sería hasta en tanto no se instalen todas las obras de drenaje requeridas para la captación y conducción del agua pluvial en el área del proyecto hacia alguno de los sitios de escorrentía natural presentes en el terreno.<br>El mayor impacto por el cambio de los flujos de agua superficiales no se espera que sea en los cauces de los cuerpos de agua superficiales presentes en el SAR y áreas de influencia, sino más bien en el sentido de los flujos superficiales de la escorrentía en las áreas de desplante de obras del proyecto. Este impacto está relacionado con el cambio del sentido de la escorrentía, no con la interrupción y disminución de los flujos de agua pluvial. | | |
| **Descripción para evaluación RIAM modificado** | | | |
| **Componente de evaluación (código)** | FQ-21 | | |
| **Criterio** | **Valor** | **Comentario** | |

| IMPACTO AMBIENTAL 35: Cambio en los flujos y movimientos de agua superficiales temporales | | | |
|---|---|---|---|
| A1: Importancia | 1 | Es un impacto que se genera a nivel local, pudiéndose considerar más de manera puntual en las áreas de desplante de obras. | |
| A2: Magnitud | -3 | Es un impacto que implica un cambio significativo del estado actual según el área involucrada, pero que no llega a ser mayor significativo por generarse más allá del predio, no hay bloqueo definitivo del flujo y puede ser fácilmente mitigado. | |
| B1: Permanencia | 4 | El impacto en sí para el momento de terminar la construcción de la obra generadora de la afectación, no obstante, se le evaluó como una permanencia amplia por el tiempo contemplado de la etapa constructiva de las diversas obras del proyecto. | |
| B2. Reversibilidad | 4 | El valor está asignado considerando el tiempo que duraría la restauración del área afectada y se recupere su funcionalidad debido al nuevo uso de suelo que tendrían los sitios afectados, no por el hecho de que la afectación vaya a ser permanente. | |
| B3. Acumulabilidad / sinergia | 4 | | |
| B4. Susceptibilidad | 4 | Se valoriza como un impacto extremadamente sensible por el hecho de que se trata de un área con alta precipitación anual y con una geomorfología que va de moderada a alta. | |
| Valor de la evaluación (ES) | -48 | Valor alfabético | -B (Impacto negativo moderado) |

| IMPACTO AMBIENTAL 36: Alteración del proceso de infiltración de agua al manto freático | | |
|---|---|---|
| **Etapa** | Construcción | |
| **Factor ambiental impactado:** | Agua / Recarga del manto freático | |
| **Tipo de impacto:** | Adverso | |
| **Actividades causantes:** | • Construcción / instalación de infraestructura para obras de apoyo, auxiliares, mineras y nuevas.<br>• Obras de drenaje (B). | |
| **Descripción:** | La conformación de la estructura de la obra civil y la nivelación del terreno para el camino de terracería implicaría reducir la permeabilidad de la superficie, generándose escorrentía y cambio en su sentido.<br>La cobertura por la construcción de la infraestructura, la impermeabilización de sitios para prevenir el desplazamiento de sustancias químicas de los procesos mineros y la afectación de áreas por la pérdida de cobertura vegetal, retiro de suelo orgánico y compactación del horizonte superficial restaría áreas y la capacidad para captar, almacenar e infiltrar agua pluvial. | |
| **Descripción para evaluación RIAM modificado** | | |
| **Componente de evaluación (código)** | FQ-22 | |
| **Criterio** | **Valor** | **Comentario** |
| A1: Importancia | 1 | Es un impacto que se genera a nivel local, pudiéndose considerar más de manera puntual en las áreas de desplante de obras. |
| A2: Magnitud | -3 | Es un impacto que implica un cambio significativo del estado actual según el área involucrada, pero que no llega a ser significativamente mayor por generarse más allá del predio, no hay bloqueo definitivo del flujo y puede ser fácilmente mitigado. |

| IMPACTO AMBIENTAL 36: Alteración del proceso de infiltración de agua al manto freático | | | |
|---|---|---|---|
| B1: Permanencia | 4 | El impacto en sí para al momento de terminar la construcción de la obra generadora de la afectación, no obstante, se le evaluó como una permanencia amplia por el tiempo contemplado de la etapa constructiva de las diversas obras del proyecto. | |
| B2. Reversibilidad | 4 | | |
| B3. Acumulabilidad / sinergia | 4 | | |
| B4. Susceptibilidad | 2 | El valor de la escala se asignó considerando la disponibilidad media anual de los acuíferos en los que se encuentra el SAR del proyecto. De acuerdo con la actualización de la disponibilidad media anual de agua subterránea de los 653 acuíferos del país publicada en noviembre del 2023, los cuatro acuíferos en los que incide parcialmente el SAR del proyecto se encuentran en balance positivo, es decir, se cuenta con disponibilidad de agua en los acuíferos para nuevas concesiones. | |
| Valor de la evaluación (ES) | -42 | Valor alfabético | -B (Impacto negativo moderado) |

| IMPACTO AMBIENTAL 37: Disminución del número de individuos de las especies de fauna silvestre | | |
|---|---|---|
| **Etapa** | Construcción | |
| **Factor ambiental impactado:** | Fauna silvestre / Abundancia | |
| **Tipo de impacto:** | Adverso | |
| **Actividades causantes:** | • Conformación de obra civil.<br>• Operación de maquinaria, vehículos y equipos automotores. | |
| **Descripción:** | La fauna silvestre en general representa ser un componente ambiental sensible a los movimientos de vehículos, maquinaria y de personal. Existen especies que después de un tiempo de convivir con estas fuentes generadoras de cambios en el medio ambiente logran tener cierto grado de adaptación, siempre y cuando sigan encontrando algunas de las condiciones que ellos necesitan para sobrevivir en las superficies afectadas, así lo demuestran trabajos realizados en los que estudian el comportamiento animal a la alteración de su medio ambiente.<br>El constante movimiento vehicular para el transporte de personal, materiales e insumos, operación de la maquinaria y equipos automotores, así como el movimiento del personal para la realización de sus actividades ahuyentaría y limitaría el movimiento de ejemplares de fauna silvestre dentro del área del proyecto, así como en áreas aledañas a este. Al exterior del predio la afectación estaría dada por el incremento del flujo vehicular para el transporte de personal y de materiales e insumos, mientras que en el predio la afectación sería principalmente por las actividades constructivas que tendrían lugar durante el día.<br>En este caso, las especies que se verían mayormente afectadas serían los mamíferos y reptiles, y, en menor grado estarían las aves por su capacidad de desplazamiento. | |
| **Descripción para evaluación RIAM modificado** | | |
| **Componente de evaluación (código)** | BE-8 | |
| **Criterio** | **Valor** | **Comentario** |
| A1: Importancia | 1 | El grado de importancia radica en la diversidad de especies de fauna silvestre en el área de trabajo, de las cuales 16 especies identificadas a nivel del SAR se encuentran en alguna categoría de riesgo según el listado de la NOM-059-SEMARNAT-2010. |

| **IMPACTO AMBIENTAL 37: Disminución del número de individuos de las especies de fauna silvestre** | | | |
|---|---|---|---|
| A2: Magnitud | -1 | La magnitud se considera como cambio adverso del estado actual ya que solo implica una disminución en el número de ejemplares de fauna silvestre presentes en las unidades mineras y zonas aledañas de las áreas de influencia, por ahuyentamiento de individuos, sin que ello implique la muerte de ejemplares. | |
| B1: Permanencia | 4 | La afectación se valorizó tomando en cuenta el número de años que implican el desarrollo de las actividades constructivas, las cuales serán por periodos determinados, pero a través del plazo definido en el programa de actividades presentado en el capítulo II de esta MIA-R. | |
| B2. Reversibilidad | 4 | | |
| B3. Acumulabilidad / sinergia | 4 | Es un impacto que se suma a los cambios que han ocasionado los asentamientos humanos en la región, la construcción de las vías de comunicación, líneas de transmisión y conducción eléctrica y las actividades agropecuarias. | |
| B4. Susceptibilidad | 3 | La sensibilidad otorgada está relacionada con la disponibilidad de hábitat con características ambientales similares a las del predio. Por lo que, los individuos que sufrieran alteración de su hábitat podrían desplazarse hacia estas áreas. | |
| Valor de la evaluación (ES) | -15 | Valor alfabético | -A (Impacto negativo ligero) |

| **IMPACTO AMBIENTAL 38: Alteración de las áreas de desplazamiento de ejemplares de fauna silvestre** | | |
|---|---|---|
| **Etapa** | Construcción | |
| **Factor ambiental impactado:** | Fauna silvestre / Movilidad | |
| **Tipo de impacto:** | Adverso | |
| **Actividades causantes:** | • Conformación de bases de terracería y tendido de línea de energía.<br>• Conformación de obra civil.<br>• Operación de maquinaria, vehículos y equipos automotores. | |
| **Descripción:** | La alteración que sufriría el predio por la construcción de las obras provocaría romper con la continuidad de áreas de desplazamiento y hábitat de algunas especies de fauna silvestre. Esto, además de alterar las condiciones del medio ambiente, implicaría una gran actividad de la mano de obra contratada para la construcción de las obras, lo que ahuyentaría a los individuos o fomentaría cambios en el patrón de desplazamiento de algunas especies. | |
| **Descripción para evaluación RIAM modificado** | | |
| **Componente de evaluación (código)** | BE-9 | |
| **Criterio** | **Valor** | **Comentario** |
| A1: Importancia | 1 | En el contexto de que la alteración a las áreas de desplazamiento involucra al personal y el movimiento vehicular en las vías de comunicación aledañas para el transporte de personal, materiales e insumos, este criterio se clasifica como de importancia a nivel de áreas alrededor de la condición local. |
| A2: Magnitud | -2 | La magnitud de este criterio está dada por la diversidad de especies de fauna silvestre identificadas durante el trabajo de campo, el número de especies identificadas catalogadas en categoría de riesgo y la disponibilidad de hábitat dentro del SAR. |

| IMPACTO AMBIENTAL 38: Alteración de las áreas de desplazamiento de ejemplares de fauna silvestre | | | |
|---|---|---|---|
| B1: Permanencia | 4 | Si bien la afectación al desplazamiento por la presencia del personal se detendría al finalizar la construcción de las obras, la distribución de estas actividades a través del periodo total para la ejecución del proyecto se clasifica como una afectación permanente, dentro de los polígonos ocupados. | |
| B2. Reversibilidad | 4 | | |
| B3. Acumulabilidad / sinergia | 4 | Es un impacto que se suma a los cambios que han ocasionado los asentamientos humanos en la región, la construcción de las vías de comunicación, líneas de transmisión y conducción eléctrica y las actividades agropecuarias. | |
| B4. Susceptibilidad | 3 | La sensibilidad otorgada está relacionada con la disponibilidad de hábitat con características ambientales similares a las del predio. Por lo que, los individuos que sufrieran alteración de su hábitat podrían desplazarse hacia estas áreas. | |
| Valor de la evaluación (ES) | -30 | Valor alfabético | -A (Impacto negativo ligero) |

| IMPACTO AMBIENTAL 39: Afectación a ejemplares de fauna silvestre de especies en categoría de riesgo relevancia ambiental | | |
|---|---|---|
| **Etapa** | Construcción | |
| **Factor ambiental impactado:** | Fauna silvestre / Especies en categoría de riesgo | |
| **Tipo de impacto:** | Adverso | |
| **Actividades causantes:** | • Conformación de bases de terracería y tendido de línea de energía.<br>• Conformación de obra civil.<br>• Operación de maquinaria, vehículos y equipos automotores. | |
| **Descripción:** | La alteración de las áreas de desplazamiento, más el movimiento de equipos automotores y del personal, ocasionarían una afectación del hábitat de la fauna silvestre, incluyendo a los ejemplares de especies catalogadas en alguna categoría de riesgo, tomando en cuenta que de las 149 especies totales de fauna silvestre identificadas a nivel del SAR, 16 especies se encuentran listadas en categoría de riesgo, considerando la modificación del listado de la NOM-059-SEMARNAT-2010, siete clasificadas como especies amenazada (A), seis sujetas a protección especial (Pr) y tres en peligro de extinción (P).<br>Por clase, se tiene que solo un anfibio se encuentra clasificado como especie sujeta a protección especial. De las tres especies de reptiles, dos se encuentran en la lista de la NOM-059-SEMARNAT-2010, una clasificada como amenazada y la otra sujeta a protección especial.<br>De las 17 especies de mamíferos identificadas en el SAR, tres se encuentran en alguna categoría de riesgo, dos en peligro de extinción y una amenazada. Y, finalmente, de las 123 especies de aves 10 se encuentran en categoría de riesgo, de las cuales, cinco se clasifican como amenazadas, cuatro sujetas a protección especial y una en peligro de extinción.<br>La afectación que se ocasionaría a ejemplares de estas especies no implica la eliminación de las especies o ejemplares, sino solo el desplazamiento de su área de influencia. | |
| **Descripción para evaluación RIAM modificado** | | |
| **Componente de evaluación (código)** | BE-10 | |
| **Criterio** | **Valor** | **Comentario** |

| IMPACTO AMBIENTAL 39: Afectación a ejemplares de fauna silvestre de especies en categoría de riesgo relevancia ambiental | | | |
|---|---|---|---|
| A1: Importancia | 1 | Si bien, las actividades a desarrollarse en el proyecto pueden ocasionar el desplazamiento de individuos que habitan dentro del área de actuación para el desarrollo del proyecto, se considera que el impacto no tendría mayor relevancia más allá del SAR del proyecto, tomando en cuenta las condiciones ambientales favorables que aún privan dentro del polígono. | |
| A2: Magnitud | -3 | Se clasifica como un impacto significativamente mayor, y no solo negativo, bajo la consideración de que se afectarían individuos de especies que tienen una baja incidencia en el área de actuación y son consideradas especies en categoría de riesgo, lo que determina su relevancia ambiental. | |
| B1: Permanencia | 4 | | |
| B2. Reversibilidad | 4 | | |
| B3. Acumulabilidad / sinergia | 4 | | |
| B4. Susceptibilidad | 3 | Se considera un impacto sensible debido a la categoría de riesgo de las especies, no obstante, la disponibilidad de hábitat para su desarrollo. | |
| Valor de la evaluación (ES) | -45 | Valor alfabético | -B (Impacto negativo moderado) |

| IMPACTO AMBIENTAL 40: Modificación de las cualidades estético - paisajísticas | | |
|---|---|---|
| **Etapa** | Construcción | |
| **Factor ambiental impactado:** | Paisaje / Calidad estético - paisajísticas | |
| **Tipo de impacto:** | Adverso | |
| **Actividades causantes:** | • Conformación de bases de terracería.<br>• Construcción e instalación de obra civil de apoyo a la minería y nuevas. | |
| **Descripción:** | La ubicación dispersa de elementos artificiales, algunos de ellos sobresaliendo sobre la cobertura vegetal, de diversos colores y materiales, así como las perforaciones en áreas de desplante, sobresaldrían y representarían un cambio visual drástico del paisaje natural que se tiene actualmente. | |
| **Descripción para evaluación RIAM modificado** | | |
| **Componente de evaluación (código)** | SC-5 | |
| **Criterio** | **Valor** | **Comentario** |
| A1: Importancia | 1 | La escala del criterio está dada en función de que el impacto se generaría a nivel local (puntual), en el sitio de las obras, no obstante que el impacto se vería desde diferentes puntos del SAR. |
| A2: Magnitud | -3 | La instalación de infraestructura artificial rebasando la altura promedio del dosel de la cobertura vegetal visible desde diferentes puntos de ubicación dentro y fuera del proyecto, se considera que se clasificaría como un cambio negativo significativo. |
| B1: Permanencia | 4 | |
| B2. Reversibilidad | 4 | |
| B3. Acumulabilidad / sinergia | 4 | |
| B4. Susceptibilidad | 4 | La sensibilidad del ambiente está determinada por el rompimiento de la unidad de paisaje, dominada por la cobertura vegetal forestal, debido a |

| IMPACTO AMBIENTAL 40: Modificación de las cualidades estético - paisajísticas | | | |
|---|---|---|---|
| | | la instalación de infraestructura y existencia de áreas sin cobertura vegetal. | |
| Valor de la evaluación (ES) | -48 | Valor alfabético | -B (Impacto negativo moderado) |

| IMPACTO AMBIENTAL 41: Impacto en la calidad de vida de los vecinos de las obras | | | |
|---|---|---|---|
| **Etapa** | Construcción | | |
| **Factor ambiental impactado:** | Paisaje / Impacto visual | | |
| **Tipo de impacto:** | Adverso | | |
| **Actividades causantes:** | • Construcción e instalación de obra de apoyo, auxiliares, mineras y equipos y obras de apoyo nuevas. | | |
| **Descripción:** | La construcción de las edificaciones y la instalación de líneas de distribución de energía rebasando la altura promedio del dosel de la cobertura vegetal impactaría la visualización natural del panorama total estando situados aledaños a las construcciones. | | |
| **Descripción para evaluación RIAM modificado** | | | |
| **Componente de evaluación (código)** | SC-6 | | |
| **Criterio** | **Valor** | **Comentario** | |
| A1: Importancia | 1 | Es un impacto local, llegándose a considerar más del tipo puntual. | |
| A2: Magnitud | -3 | | |
| B1: Permanencia | 4 | | |
| B2. Reversibilidad | 4 | | |
| B3. Acumulabilidad / sinergia | 3 | Este impacto se clasifica como acumulativo, ya que se suma a las áreas actualmente construidas dentro de los límites del SAR. Sin embargo, se considera incierto el nivel de interacción que las obras existentes pudieran tener con las obras y su afectación al medio ambiente que pudieran ocasionar las obras del proyecto. | |
| B4. Susceptibilidad | 3 | | |
| Valor de la evaluación (ES) | -42 | Valor alfabético | -B (Impacto negativo moderado) |

| IMPACTO AMBIENTAL 42: Obtención de recursos minerales del subsuelo aplicando | |
|---|---|
| **Etapa** | Construcción |
| **Factor ambiental impactado:** | Uso de suelo industrial / Producción mineral |
| **Tipo de impacto:** | Benéfico |
| **Actividades causantes:** | • Construcción de obras de apoyo, auxiliares y mineras e instalación de infraestructura y equipos de apoyo para el desarrollo de las actividades de exploración y aprovechamiento minero. |
| **Descripción:** | La construcción de la infraestructura necesaria, con las especificaciones técnicas y medidas ambientales para su funcionalidad, y la habilitación de áreas para el desarrollo de las actividades mineras, generarán las condiciones propicias que garantizarán el desarrollo sustentable de la exploración y explotación minera. |
| **Descripción para evaluación RIAM modificado** | |

| IMPACTO AMBIENTAL 42: Obtención de recursos minerales del subsuelo aplicando | | | |
|---|---|---|---|
| **Componente de evaluación (código)** | SC-7 | | |
| **Criterio** | **Valor** | **Comentario** | |
| A1: Importancia | 1 | | |
| A2: Magnitud | 2 | | |
| B1: Permanencia | 4 | | |
| B2. Reversibilidad | 4 | | |
| B3. Acumulabilidad / sinergia | 2 | | |
| B4. Susceptibilidad | 2 | | |
| Valor de la evaluación (ES) | 24 | Valor alfabético | A (Impacto positivo ligero) |

| IMPACTO AMBIENTAL 43: Ampliación y rehabilitación de las vías de comunicación | | | |
|---|---|---|---|
| **Etapa** | Construcción | | |
| **Factor ambiental impactado:** | Uso de suelo / Caminos de acceso e internos. | | |
| **Tipo de impacto:** | Benéfico | | |
| **Actividades causantes:** | • Conformación de bases de terracería<br>  • Nivelación y compactación.<br>  • Conformación de bases.<br>  • Aplicación de riegos de todo tipo.<br>  • Obras de drenaje. | | |
| **Descripción:** | La conformación del camino de acceso con especificaciones técnicas para la construcción de la base de rodamiento e instalación de obras de drenaje y protección de la vía de comunicación asegura una mayor duración funcional y reduce los riesgos de sufrir accidentes y afectaciones al medio ambiente, todo en beneficio de los usuarios, tanto trabajadores como otros habitantes de la región. | | |
| **Descripción para evaluación RIAM modificado** | | | |
| **Componente de evaluación (código)** | SC-8 | | |
| **Criterio** | **Valor** | **Comentario** | |
| A1: Importancia | 2 | | |
| A2: Magnitud | 2 | | |
| B1: Permanencia | 4 | | |
| B2. Reversibilidad | 4 | | |
| B3. Acumulabilidad / sinergia | 4 | | |
| B4. Susceptibilidad | 2 | | |
| Valor de la evaluación (ES) | 56 | Valor alfabético | C (Impacto positivo significativo) |

| IMPACTO AMBIENTAL 44: Incremento de riesgos por accidentes | |
|---|---|
| **Etapa** | Construcción |
| **Factor ambiental impactado:** | Calidad de vida / Riesgo de accidentes |
| **Tipo de impacto:** | Adverso |

| **IMPACTO AMBIENTAL 44: Incremento de riesgos por accidentes** | | | |
|---|---|---|---|
| **Actividades causantes:** | • Barrenación y voladuras<br>• Movimiento de material<br>• Operación de maquinaria y vehículos<br>• Revestimiento (B)<br>• Infraestructura de obras de desarrollo (B)<br>• Instalación de tuberías de servicio (B) | | |
| **Descripción:** | La operación de maquinaria pesada para actividades de construcción trae consigo riesgos de accidentes al personal que labora en los frentes de trabajo activos. | | |
| **Descripción para evaluación RIAM modificado** | | | |
| **Componente de evaluación (código)** | SC-9 | | |
| **Criterio** | **Valor** | **Comentario** | |
| A1: Importancia | 1 | Es un impacto que se generaría a nivel local, puntualmente en los frentes de trabajo de actividades de construcción de las obras mineras dentro de las áreas de las unidades mineras. | |
| A2: Magnitud | -2 | Se considera adverso por el riesgo que correría el personal, pero solo cambio negativo porque la probabilidad de que ocurran accidentes en las actividades constructivas se considera bajo, ya que no se demanda el uso de intenso de maquinaria pesada y las construcciones son, en su mayoría, de un solo nivel. | |
| B1: Permanencia | 4 | La permanencia está en relación con la duración de la etapa de construcción, aunque habrá largos periodos en los que no se desarrollarían actividades constructivas de nuevas áreas. | |
| B2. Reversibilidad | 2 | | |
| B3. Acumulabilidad / sinergia | 2 | | |
| B4. Susceptibilidad | 2 | Se considera que el área es estable a este impacto tomando en cuenta que no existen muchas actividades que se desarrollen en el SAR que impliquen grandes riesgos para la población. | |
| Valor de la evaluación (ES) | -20 | Valor alfabético | -A (Impacto negativo ligero) |

| **IMPACTO AMBIENTAL 45: Incremento de la población económicamente activa externa que demanda bienes, servicios y empleo** | |
|---|---|
| **Etapa** | Construcción |
| **Factor ambiental impactado:** | Dinámica poblacional / Inmigración |
| **Tipo de impacto:** | Adverso |
| **Actividades causantes:** | • Mano de obra calificada para dirigir obras y actividades.<br>• Actividades de perforación y voladuras.<br>• Construcción e instalación de obra civil.<br>• Instalación de servicios y acabados de obras.<br>• Mantenimiento de maquinaria y equipos. |
| **Descripción:** | El requerimiento de personal especializado y de mano de obra calificada, así como en un momento dado de mano de obra no calificada para el desempeño de actividades constructivas, implicaría la llegada de habitantes a las localidades cercanas a donde se realicen las obras. Las actividades constructivas implican, en la mayoría de los casos, la contratación de operadores de maquinaria pesada, |

| **IMPACTO AMBIENTAL 45: Incremento de la población económicamente activa externa que demanda bienes, servicios y empleo** | | | |
|---|---|---|---|
| | vehículos, equipos especializados, ingenieros civiles, arquitectos, además de albañiles, herreros, carpinteros, soldadores, alumineros, pintores, electricistas, entre otros. Esta gran diversidad de mano de obra, y su demanda, puede no ser cubierta por los habitantes de las localidades inmersas dentro del SAR, lo que implicaría que algunos trabajadores inmigraran para trabajar temporalmente para el proyecto. | | |
| **Descripción para evaluación RIAM modificado** | | | |
| **Componente de evaluación (código)** | EO-4 | | |
| **Criterio** | **Valor** | **Comentario** | |
| A1: Importancia | 1 | Se espera que para cubrir la demanda de trabajadores especializados y mano de obra calificada se tenga que contratar mano de obra de otros municipios o estados del país, pero todos migrarían a sitios ubicados cerca de las unidades mineras, dentro del SAR. | |
| A2: Magnitud | -1 | No se considera que alcanzaría a valorarse como un cambio significativo mayor pensando que gran parte de la mano de obra no calificada y la mano de obra especializada podrían encontrarse en las localidades asentadas en el SAR o ubicarse en los campamentos construidos exprofeso por la empresa promovente del proyecto. | |
| B1: Permanencia | 4 | Se define el valor de esta escala considerando que las actividades constructivas implican más de un año, y esta escala implica un periodo del impacto mayor a 10 años. | |
| B2. Reversibilidad | 4 | Si bien el impacto termina culminando las actividades que demandan mano de obra, su demanda se extiende por más de 10 años, que es la duración de la etapa del proyecto. | |
| B3. Acumulabilidad / sinergia | 2 | | |
| B4. Susceptibilidad | 2 | No hay evidencia de que la región sea atrayente de mano de obra, situación que cambiaría con la ejecución del proyecto. No obstante, dadas las condiciones y la demanda de mano de obra, no se considera que la región sea sensible a este cambió. | |
| Valor de la evaluación (ES) | -12 | Valor alfabético | -A (Impacto negativo ligero) |

| **IMPACTO AMBIENTAL 46: Generación de ofertas de trabajo directos e indirectos** | |
|---|---|
| **Etapa** | Construcción |
| **Factor ambiental impactado:** | Calidad de vida / Generación de empleos |
| **Tipo de impacto:** | Benéfico |
| **Actividades causantes:** | • Conformación de bases de terracería.<br>• Obras de drenaje.<br>• Excavaciones y cimentaciones.<br>• Todas las actividades constructivas de la obra civil.<br>• Operación de maquinaria, vehículos y equipos automotores.<br>• Instalación de servicios en obra civil.<br>• Acabados de obra civil.<br>• Mantenimiento de maquinaria y equipos. |

| IMPACTO AMBIENTAL 46: Generación de ofertas de trabajo directos e indirectos | | | |
|---|---|---|---|
| | • Manejo de hidrocarburos. | | |
| **Descripción:** | La construcción de las obras, operación de maquinaria y equipos, tendido de las líneas de distribución de energía área y subterránea, y sus actividades asociadas, demandarían mano de obra directa e indirecta. La mano de obra directa sería para la operación de maquinaria pesada, vehículos, equipos especializados, además de requerir los servicios de ingenieros civiles, arquitectos, albañiles, herreros, carpinteros, soldadores, alumineros, pintores, electricistas, plomeros, entre otros. Por otro lado, se demandarían los servicios de otras empresas, entre ellas las expendedoras de casas de materiales, bancos de materiales autorizados, triturados, cementeras, casas de pinturas, purificadoras de agua, renta de servicios sanitarios, manejo de residuos sólidos urbanos, de manejo especial y peligrosos, transporte, entre otras.<br>Por lo que el desarrollo del proyecto sería un detonante de fuentes de empleos en la región. | | |
| **Descripción para evaluación RIAM modificado** | | | |
| **Componente de evaluación (código)** | EO-5 | | |
| **Criterio** | **Valor** | **Comentario** | |
| A1: Importancia | 3 | La contratación de mano de obra demandaría personal de los municipios inmersos en el SAR y estado, incluso podría darse el caso de la contratación temporal de personal de otros estados, con la finalidad de cubrir los perfiles requeridos en los procesos constructivos y operativos. | |
| A2: Magnitud | 2 | | |
| B1: Permanencia | 4 | La demanda de mano de obra para la etapa de construcción comprende un plazo mayor a 10 años, periodo en el cual se construirían e instalarían los diferentes componentes de una obra. Estas actividades se realizarían conforme se avance en la ejecución del proyecto, como se muestra en el calendario de actividades presentado en el capítulo II de esta MIA-R. Con base en la duración de esta etapa, la permanencia de este impacto se valoriza con el máximo valor de la escala. | |
| B2. Reversibilidad | 2 | | |
| B3. Acumulabilidad / sinergia | 3 | En el SAR no existen fuentes laborales de gran relevancia, por lo que el desarrollo del proyecto viene a representar una gran alternativa de desarrollo económico y social para los habitantes de la región. | |
| B4. Susceptibilidad | 3 | | |
| Valor de la evaluación (ES) | 72 | Valor alfabético | C (Impacto positivo significativo) |

| IMPACTO AMBIENTAL 47: Impulso a la economía local y regional por la derrama económica | |
|---|---|
| **Etapa** | Construcción |
| **Factor ambiental impactado:** | Calidad de vida / Derrama económica local y regional |
| **Tipo de impacto:** | Benéfico |
| **Actividades causantes:** | • Transporte material para la construcción.<br>• Todas las actividades constructivas de la obra civil.<br>• Operación de maquinaria, vehículos y equipos automotores.<br>• Instalación de servicios en obra civil. |

| **IMPACTO AMBIENTAL 47: Impulso a la economía local y regional por la derrama económica** | | | |
|---|---|---|---|
| | • Acabados de obra civil.<br>• Mantenimiento de maquinaria y equipos.<br>• Manejo de hidrocarburos. | | |
| **Descripción:** | El pago de salarios, la adquisición de materiales y sustancias, así como la demanda de servicios para la ejecución de las actividades constructivas generarían una derrama económica, tanto a nivel local como a nivel regional. Además, la empresa minera a desarrollado un esquema de proveeduría de bienes y servicios local, incluyendo el apoyo en el desarrollo comercial local y a nivel estatal, implicando un desarrollo económico más allá de SAR definido para el proyecto. | | |
| **Descripción para evaluación RIAM modificado** | | | |
| **Componente de evaluación (código)** | EO-6 | | |
| **Criterio** | **Valor** | **Comentario** | |
| A1: Importancia | 3 | | |
| A2: Magnitud | 2 | | |
| B1: Permanencia | 4 | | |
| B2. Reversibilidad | 2 | | |
| B3. Acumulabilidad / sinergia | 3 | | |
| B4. Susceptibilidad | 3 | | |
| Valor de la evaluación (ES) | 72 | Valor alfabético | C (Impacto positivo significativo) |

| **IMPACTO AMBIENTAL 48: Desarrollo regional comunitario directo por la actividad minera** | | | |
|---|---|---|---|
| **Etapa** | Construcción | | |
| **Factor ambiental impactado:** | Calidad de vida / Servicios comunitarios | | |
| **Tipo de impacto:** | Benéfico | | |
| **Actividades causantes:** | • Rehabilitación y construcción de caminos.<br>• Construcción de obras de drenaje.<br>• Apoyos directos a las localidades aledañas al recinto minero. | | |
| **Descripción:** | Para el movimiento del personal, directo e indirecto de la empresa, y para el transporte de materiales, sustancias, equipos y herramientas, es importante rehabilitar, construir y mantener caminos de acceso y operación. Estos estarán a servicio de los pobladores de las localidades y rancherías inmersas dentro del SAR.<br>La Compañía Minera cuenta con un esquema de apoyo a las comunidades que tienen incidencia directa e indirecta con la operación del proyecto, esquema conformado por diversos programas sociales que aportan múltiples beneficios sociales en la región. Los programas desarrollados cumplen diversos objetivos, todos con un fuerte sentido social, tal y como se indica en la Tabla V.4. | | |
| **Descripción para evaluación RIAM modificado** | | | |
| **Componente de evaluación (código)** | EO-7 | | |
| **Criterio** | **Valor** | **Comentario** | |
| A1: Importancia | 2 | | |
| A2: Magnitud | 2 | | |
| B1: Permanencia | 4 | | |

| IMPACTO AMBIENTAL 48: Desarrollo regional comunitario directo por la actividad minera | | | |
|---|---|---|---|
| B2. Reversibilidad | 3 | | |
| B3. Acumulabilidad / sinergia | 2 | | |
| B4. Susceptibilidad | 3 | | |
| Valor de la evaluación (ES) | 48 | Valor alfabético | B (Impacto positivo moderado) |

| IMPACTO AMBIENTAL 49: Pagos gubernamentales por los servicios demandados en diferentes dependencias | | | |
|---|---|---|---|
| **Etapa** | Construcción | | |
| **Factor ambiental impactado:** | Recaudación / Pago por servicios gubernamentales | | |
| **Tipo de impacto:** | Benéfico | | |
| **Actividades causantes:** | • Demanda y consumo de agua de cuerpos de agua superficiales autorizados.<br>• Requerimiento de explosivos para voladuras.<br>• Manejo y uso de hidrocarburos.<br>• Manejo, transporte y disposición final de residuos. | | |
| **Descripción:** | Para poder llevar a cabo el aprovechamiento de los productos demandados para el desarrollo del proyecto, es necesario obtener las autorizaciones emitidas por los diferentes órdenes de gobierno, entre ellas los títulos de concesión para el aprovechamiento de aguas nacionales, el de descarga de aguas residuales a un bien nacional, autorizaciones en materia de impacto ambiental y de cambios de uso del suelo en terrenos forestales, manejo y uso de explosivos, autorización del plan de manejo integral de residuos, almacenamiento y uso de hidrocarburos, entre otros, trámites que representan ingresos para las arcas públicas. | | |
| **Descripción para evaluación RIAM modificado** | | | |
| **Componente de evaluación (código)** | EO-8 | | |
| **Criterio** | **Valor** | **Comentario** | |
| A1: Importancia | 3 | | |
| A2: Magnitud | 1 | | |
| B1: Permanencia | 4 | | |
| B2. Reversibilidad | 2 | | |
| B3. Acumulabilidad / sinergia | 2 | | |
| B4. Susceptibilidad | 3 | | |
| Valor de la evaluación (ES) | 33 | Valor alfabético | B (Impacto positivo moderado) |

| IMPACTO AMBIENTAL 50: Pago de impuestos a las diferentes dependencias por los servicios brindados | |
|---|---|
| **Etapa** | Construcción |
| **Factor ambiental impactado:** | Recaudación / Pago de impuestos |
| **Tipo de impacto:** | Benéfico |
| **Actividades causantes:** | • Demanda y consumo de agua de cuerpos de agua superficiales autorizados.<br>• Requerimiento de explosivos para voladuras.<br>• Manejo y uso de hidrocarburos.<br>• Manejo, transporte y disposición final de residuos. |

| **IMPACTO AMBIENTAL 50: Pago de impuestos a las diferentes dependencias por los servicios brindados** | | | |
|---|---|---|---|
| **Descripción:** | Una vez obtenidas las autorizaciones correspondientes de las diferentes autoridades, es necesario, en diversos casos, efectuar los pagos correspondientes por el aprovechamiento del recurso demandado o servicio recibido, como es el aprovechamiento de agua de un bien nacional, la descarga de agua a un bien nacional, el suministro y consumo de energía y combustibles, entre otros. | | |
| **Descripción para evaluación RIAM modificado** | | | |
| **Componente de evaluación (código)** | EO-9 | | |
| **Criterio** | **Valor** | **Comentario** | |
| A1: Importancia | 3 | | |
| A2: Magnitud | 1 | | |
| B1: Permanencia | 4 | | |
| B2. Reversibilidad | 2 | | |
| B3. Acumulabilidad / sinergia | 2 | | |
| B4. Susceptibilidad | 3 | | |
| Valor de la evaluación (ES) | 33 | Valor alfabético | B (Impacto positivo moderado) |

## V.3.3. Fichas descriptivas de impactos ambientales para la etapa de operación y mantenimiento

| **IMPACTO AMBIENTAL 51: Cambio en la conformación topográfica natural del terreno y de patrones de sedimentación de sustratos** | |
|---|---|
| **Etapa** | Operación y mantenimiento |
| **Factor ambiental impactado:** | Fisiografía / relieve |
| **Tipo de impacto:** | Adverso |
| **Actividades causantes:** | • Conformación de planillas para la exploración.<br>• Barrenación y voladuras.<br>• Apilamiento de mineral crudo.<br>• Disposición de material estéril (lodos y tepetate). |
| **Descripción:** | En las etapas previas se tienen afectaciones en la conformación topográfica por las actividades de nivelación, excavaciones y desplante de obras, pero es en esta etapa que debido a las actividades mineras se tiene una mayor afectación, tanto en el cambio en magnitud del cambio como en la superficie afectada. La superficie involucrada en la conformación de los tajos que involucra una superficie equivalente a 92.0477 ha, área con cambio negativo generado en la conformación geomorfológica por la excavación.<br>Las tepetateras suman 210.0979 ha y los sitios de disposición de material estéril (lodos y tepetate) 30.7112 ha, en conjunto suman 240.8091 ha que, en su formación, a través de la disposición de tepetate y material de proceso, se cambia la conformación pasando a formar montículos en los sitios de disposición, cambiando el relieve en los sitios de su formación, con una altura de depósito que ronda los 80 m. |
| **Descripción para evaluación RIAM modificado** | |
| **Componente de evaluación (código)** | FQ-23 |

| **IMPACTO AMBIENTAL 51: Cambio en la conformación topográfica natural del terreno y de patrones de sedimentación de sustratos** | | | |
|---|---|---|---|
| **Criterio** | **Valor** | **Comentario** | |
| A1: Importancia | 1 | Es un impacto que tiene efecto a nivel local, el cual tendría lugar solo en las áreas de desplante de las acciones aquí mencionadas. | |
| A2: Magnitud | -3 | La valoración como mayor cambio negativo se asignó considerando el cambio que representa y la superficie involucrada en la formación de los tajos, tepetateras y la disposición de material estéril, así como el impacto que representa para otros componentes ambientales. | |
| B1: Permanencia | 4 | El cambio que generan las actividades aquí mencionadas en el medio ambiente se clasifica como uno de los impactos ambientales residuales. | |
| B2. Reversibilidad | 4 | | |
| B3. Acumulabilidad / sinergia | 4 | Esta alteración de la conformación topográfica se suma a la que ha tenido lugar en el SAR para el desarrollo de otras actividades, como la zona urbana, caminos de acceso y el desarrollo de actividades agropecuarias. | |
| B4. Susceptibilidad | 4 | Se clasifica como extremadamente sensible debido a la conformación geomorfológica que existe en la región, con sus cambios de relieve de moderados a altos, los cuales se verían fuertemente alterados con depresiones y montículos conformados por los depósitos de residuos mineros. | |
| Valor de la evaluación (ES) | -48 | Valor alfabético | -B (Impacto negativo moderado) |

| **IMPACTO AMBIENTAL 52: Alteración de la estabilidad geomorfológica del terreno** | | |
|---|---|---|
| **Etapa** | Operación y mantenimiento | |
| **Factor ambiental impactado:** | Fisiografía / Estabilidad geomorfológica | |
| **Tipo de impacto:** | Adverso | |
| **Actividades causantes:** | • Barrenación y voladuras.<br>• Relleno con material estéril (B). | |
| **Descripción:** | Para la construcción de las obras subterráneas y para la explotación de la mina a cielo abierto y subterránea se realizarán perforaciones y voladuras para romper las rocas del subsuelo, acorde con las características geomecánicas de las rocas. Las vibraciones que provocan las detonaciones podrían alterar la estabilidad geológica en el área del proyecto. | |
| **Descripción para evaluación RIAM modificado** | | |
| **Componente de evaluación (código)** | FQ-24 | |
| **Criterio** | **Valor** | **Comentario** |
| A1: Importancia | 1 | Es un impacto que tiene efecto a nivel local, el cual tendría lugar solo en las áreas de explotación del tajo y de las minas subterráneas. |
| A2: Magnitud | -3 | |
| B1: Permanencia | 4 | |
| B2. Reversibilidad | 4 | |
| B3. Acumulabilidad / sinergia | 2 | No existen obras o actividades en el SAR que pudieran considerarse que generarían una sinergia o efecto acumulativo a las que provocaría el proyecto. |

| **IMPACTO AMBIENTAL 52: Alteración de la estabilidad geomorfológica del terreno** | | | |
|---|---|---|---|
| B4. Susceptibilidad | 3 | No se trata de una región sísmica y en el SAR no se reconoce fallamiento en superficie, sin embargo, la sensibilidad del sistema ambiental proviene de la conformación geomorfológica regional. | |
| Valor de la evaluación (ES) | -39 | Valor alfabético | -B (Impacto negativo moderado) |

| **IMPACTO AMBIENTAL 53: Pérdida de horizontes del suelo en áreas del desplante** | | | |
|---|---|---|---|
| **Etapa** | Operación y mantenimiento | | |
| **Factor ambiental impactado:** | Suelo / pérdida de suelo | | |
| **Tipo de impacto:** | Adverso | | |
| **Actividades causantes:** | • Conformación de planillas. | | |
| **Descripción:** | Previo a la explotación mineral, conformación de planillas de barrenación, conformación de tepetateras, disposición de material estéril y habilitación de caminos de acceso, se recuperarán los horizontes superficiales del suelo. Las capas de suelos o grosor del perfil del suelo a recuperar dependerán de las características físicas y químicas que se observen en el perfil, enfocándose a recolectar el suelo que tenga características propias para ser reusado en otras áreas de la unidad minera.<br>Si se toma en cuenta que, en el predio del proyecto predominan, sin ser los únicos presentes, los grupos de suelo Leptosoles y Luvisoles, mismos que se caracterizan por tener un perfil de suelo poco desarrollado, pero con propiedades físicas y químicas aptas para la agricultura. Debido a su poco profundo perfil de suelo, no se recuperaría un gran volumen de suelo, pero sí suelo con características propias para favorecer el crecimiento vegetal, además de funcionar como un importante banco de semillas de especies de flora de especies nativas.<br>El desplante de las obras e instalaciones del proyecto se realizarían sobre áreas que tienen un alto potencial de sufrir pérdida de suelo debido a la erosión hídrica, por lo que, la recuperación de suelo para su reutilización es recomendable para evitar su pérdida por fenómenos erosivos, específicamente en las áreas donde se realizaría el desmonte. | | |
| **Descripción para evaluación RIAM modificado** | | | |
| **Componente de evaluación (código)** | FQ-25 | | |
| **Criterio** | **Valor** | **Comentario** | |
| A1: Importancia | 1 | Es un impacto que tiene efecto a nivel local, sin esperar impactar en todo el SAR definido para el desarrollo del proyecto. Este tendría lugar solo en las áreas de desplante de algunas áreas del proyecto. | |
| A2: Magnitud | -2 | | |
| B1: Permanencia | 4 | | |
| B2. Reversibilidad | 4 | | |
| B3. Acumulabilidad / sinergia | 4 | | |
| B4. Susceptibilidad | 3 | Se considera un área sensible a efectos de degradación de suelo por erosión hídrica. Este proceso de degradación está relacionado con las altas precipitaciones en la región, las pendientes de moderadas a altas y, en su momento, la cobertura vegetal deficiente. | |
| Valor de la evaluación (ES) | -30 | Valor alfabético | -A (Impacto negativo ligero) |

| **IMPACTO AMBIENTAL 54: Afectación de las propiedades físicas del suelo (Permeabilidad)** | | | |
|---|---|---|---|
| **Etapa** | Operación y mantenimiento | | |
| **Factor ambiental impactado:** | Suelo / Afectación de las propiedades físicas | | |
| **Tipo de impacto:** | Adverso | | |
| **Actividades causantes:** | • Conformación de planillas.<br>• Actividades de barrenación.<br>• Disposición de material estéril (lodos y tepetate).<br>• Apilamiento mineral crudo.<br>• Operación de maquinaria, vehículos y equipos automotores.<br>• Relleno con material estéril (B). | | |
| **Descripción:** | El movimiento de vehículos y maquinaria para el traslado de personal y actividades operativas que requieran el uso de maquinaria ocasionarían alteraciones en la estructura de los horizontes superficiales del suelo, como en su densidad aparente, porosidad y permeabilidad en las áreas de rodamiento. | | |
| **Descripción para evaluación RIAM modificado** | | | |
| **Componente de evaluación (código)** | FQ-26 | | |
| **Criterio** | **Valor** | **Comentario** | |
| A1: Importancia | 1 | El área de afectación estaría muy limitada solo a las áreas de rodamiento de los vehículos que se utilicen para el movimiento de los residuos y material rescatado y de la maquinaria que se emplee para llevar a cabo las actividades de recopilación y recuperación de residuos y suelo. | |
| A2: Magnitud | -2 | | |
| B1: Permanencia | 4 | Las áreas que se verían afectadas y que no vayan a ser usadas como áreas operativas pueden recuperar las propiedades físicas alteradas una vez que las actividades que lo ocasionen paren. La recuperación de las propiedades puede ser de manera natural o mediante la implementación de medidas propias para ello. De manera natural la recuperación de las propiedades físicas del suelo suele ser un proceso lento, pero que se puede dar, siendo más rápido la implementación de medidas ambientales. | |
| B2. Reversibilidad | 4 | | |
| B3. Acumulabilidad / sinergia | 3 | Se trata de un impacto acumulativo en el área de incidencia del proyecto dado el historial del desarrollo de las actividades en el SAR, no en el sitio del proyecto, lo que ha implicado operación de maquinaria pesada. No obstante, se considera incierto por la superficie que se vería afectada con relación a la superficie total del SAR y la que ha sido sometida a cambio de uso de suelo. | |
| B4. Susceptibilidad | 2 | | |
| Valor de la evaluación (ES) | -26 | Valor alfabético | -A (Impacto negativo ligero) |

| **IMPACTO AMBIENTAL 55: Cambio de las propiedades químicas y biológicas del suelo** | |
|---|---|
| **Etapa** | Operación y mantenimiento |
| **Factor ambiental impactado:** | Suelo / Contaminación por residuos |
| **Tipo de impacto:** | Adverso |
| **Actividades causantes:** | • Actividades de barrenación. |

| IMPACTO AMBIENTAL 55: Cambio de las propiedades químicas y biológicas del suelo | | |
|---|---|---|
| | • Clausura de barrenos.<br>• Anclaje.<br>• Disposición de material estéril (lodos y tepetate).<br>• Operación de maquinaria, vehículos y equipos automotores.<br>• Mantenimiento de equipos y maquinaria.<br>• Mantenimiento de instalaciones (B). | |
| **Descripción:** | La degradación química del suelo está dada por diversas causas, como la pérdida de nutrientes y materia orgánica, salinización, acidificación y la contaminación. En este caso, la degradación química está dada por la dispersión de residuos sólidos en diversas áreas del predio, derivado de un manejo inadecuado en su recolección, almacenaje temporal y transporte, pudiendo ocasionar que se dispersen en el predio convirtiéndose en un problema de contaminación ambiental y, por lo tanto, en alteración de las propiedades químicas del suelo de acuerdo con lo mencionado por Oldeman et al. (1991).<br>En este caso, es importante tomar en cuenta que el proceso minero mediante el cual opera la mina no genera residuos mineros contaminados con sustancias o compuestos químicos ni minerales riesgosos para el medio ambiente. Los análisis químicos realizados al material estéril y tepetate que se genera en la operación de la mina han mostrado que estos cumplen con lo establecido en la norma oficial mexicana NOM-157-SEMARNAT-2009, que establece los elementos y procedimientos para instrumentar planes de manejo de residuos mineros. Los resultados de los análisis realizados demuestran que los residuos mineros no se clasifican como residuos peligrosos y no generan drenaje ácido (ver en apartado de anexos), lo que reduce el riesgo de afectación al medio ambiente por la generación de este tipo de residuos.<br>Como parte de las actividades iniciales a la ejecución del proyecto se llevaría a cabo una recolección de los residuos dispersos en el predio, mismos que serían dispuestos en el relleno sanitario habilitado por la empresa. Los residuos de manejo especial serán dispuestos en almacenes temporales para su posterior disposición en el área asignada dentro del relleno sanitario.<br>Los residuos peligrosos serán almacenados temporalmente en los almacenes de residuos peligrosos construidos acorde con lo establecido en el capítulo IV, sección I, del Reglamento de la LGPGIR, y dispuestos finalmente por empresas autorizadas para su transporte, manejo y disposición final. El almacenamiento, manejo y uso de sustancias químicas en el proyecto contará con instalaciones, equipos y procesos adecuados para evitar la contaminación ambiental, incluyendo el suelo, como se indica en el capítulo VI de esta MIA-R. | |
| **Descripción para evaluación RIAM modificado** | | |
| **Componente de evaluación (código)** | FQ-27 | |
| **Criterio** | **Valor** | **Comentario** |
| A1: Importancia | 1 | Su baja importancia se debe a que tiene efecto solo a nivel local, a nivel del área del proyecto, sin salirse de sus límites, y porque se cuenta con medidas ambientales eficientes para prevenirlo y mitigarlo. |
| A2: Magnitud | -2 | La afectación con sustancias químicas e hidrocarburos en el suelo se considera un cambio adverso significativo por la complejidad del revertir el impacto cuando se trata de residuos peligrosos, como algunos que se manejarán, y las consecuencias que puede representar para el funcionamiento ambiental de las zonas afectadas. |

| IMPACTO AMBIENTAL 55: Cambio de las propiedades químicas y biológicas del suelo | | | |
|---|---|---|---|
| B1: Permanencia | 4 | El valor del criterio está asignado considerando el periodo de las actividades de exploración y explotación mineral, que es el mismo periodo que implica el riesgo de que se genere el impacto, el cual puede prolongarse por la liberación de minerales fijados a las partículas de compuestos dispuestos en áreas contaminadas. | |
| B2. Reversibilidad | 2 | | |
| B3. Acumulabilidad / sinergia | 4 | El estado original del ambiente sería restaurado tan pronto como terminen las actividades constructivas. | |
| B4. Susceptibilidad | 3 | La presencia de cuerpos de agua superficiales temporales hacen que el ambiente se clasifique como sensible a este impacto. | |
| Valor de la evaluación (ES) | -26 | Valor alfabético | -A (Impacto negativo ligero) |

| IMPACTO AMBIENTAL 56: Alteración de la concentración de partículas sólidas y gases en el aire | |
|---|---|
| **Etapa** | Operación y mantenimiento |
| **Factor ambiental impactado:** | Aire / Calidad |
| **Tipo de impacto:** | Adverso |
| **Actividades causantes:** | • Conformación de planillas.<br>• Barrenación y voladuras.<br>• Cargado y acarreo de materiales.<br>• Disposición de material estéril (lodos y tepetate).<br>• Barrenación, voladuras y amacice.<br>• Rezague de mineral (Cargado y extracción).<br>• Relleno con material estéril.<br>• Trituración y cribado de mineral.<br>• Apilamiento mineral crudo.<br>• Secado, molido y envasado.<br>• Operación de maquinaria, vehículos y equipos automotores.<br>• Mantenimiento de caminos de terracería.<br>• Mantenimiento de equipos y maquinaria (B). |
| **Descripción:** | El movimiento de personal, traslado de materiales, sustancias químicas, hidrocarburos y movimiento de materiales implica la operación de maquinaria, vehículos y equipos automotores dentro del área de minado y en los caminos de acceso a las áreas operativas, lo que genera suspensión de partículas de polvo al circular sobre superficies de rodamiento con baja humedad. Aunado a lo anterior, como parte del proceso de explotación se realizarán perforaciones y voladuras sobre superficies con baja humedad en determinadas épocas del año, lo que al momento podría generar una nube de polvo que se dispersa en el ambiente según el tamaño y densidad de la nube y la velocidad del viento al momento de las voladuras.<br>Debido al uso frecuente, paso de vehículos pesados y por el efecto de las precipitaciones con alta intensidad, los caminos de terracería se ven afectados, tanto en su área de rodamiento como en sus áreas de drenaje (escorrentía) aledañas y taludes. Por lo que, para mantenerlos en condiciones óptimas operativas es necesario hacer rastreos para la reconformación del área de rodamiento de los caminos y para mantener las áreas de escurrimiento en condiciones funcionales. |

| IMPACTO AMBIENTAL 56: Alteración de la concentración de partículas sólidas y gases en el aire | | |
|---|---|---|
| | Para ello, se demanda el uso de maquinaria pesada, como motoconformadoras, trascabos y/o retroexcavadoras.<br>Todos estos equipos automotores, así como los vehículos de los empleados, tienen motores de combustión interna que producen, la mayoría de ellos, tres tipos de emisiones de gases contaminantes que van directo a la atmósfera: a) emisiones evaporativas, b) emisiones por tubo de escape y, c) emisiones de partículas por el desgaste de componentes.<br>Las emisiones evaporativas son principalmente de hidrocarburos y se tienen con los vehículos automotores en reposo con el motor caliente, de combustible en circulación y durante la recarga de combustible. Por otro lado, las emisiones del tubo de escape se producen por la quema del combustible, conteniendo los contaminantes: monóxido de carbono (CO), dióxido de carbono ($CO_2$), óxidos de nitrógeno ($NO_X$), hidrocarburos no quemados (HC), partículas sólidas, entre otros de menor concentración. Estas emisiones dependen del tipo de vehículo, su tecnología y su sistema de control de emisiones, donde vehículos y maquinaria pesada de modelos recientes cuentan con tecnología más avanzada para la reducción de emisiones contaminantes. El mantenimiento que se dé a los vehículos automotores y factores operativos, como la velocidad de operación, la frecuencia e intensidad de las aceleraciones y las características de los combustibles determinan la concentración de los contaminantes en las emisiones de los tubos de escape.<br>Por otro lado, la conservación de los caminos de terracería y áreas de estacionamiento implicaría la manipulación del suelo, misma que podría generar suspensión de partículas sólidas en el ambiente.<br>Además, que se incluyen las emisiones del horno rotatorio de nodulización y de los hornos de secado y reductor de la Unidad Minera Nonoalco, que se usan en la producción de los nódulos de manganeso, los que tienen sus chimeneas con puntos de muestreo y programa de mantenimiento para garantizar su funcionamiento. | |
| **Descripción para evaluación RIAM modificado** | | |
| **Componente de evaluación (código)** | FQ-28 | |
| **Criterio** | **Valor** | **Comentario** |
| A1: Importancia | 2 | Tomando en cuenta que el movimiento de la maquinaria se daría mayoritariamente en las unidades mineras del proyecto y áreas aledañas al distrito minero, sin llegar a impactar a nivel de todo el municipio de los involucrados en el SAR. |
| A2: Magnitud | -2 | El valor se determinó tomando en cuenta la cantidad de automotores que se demandan, modelos, mantenimiento que tendrían y tiempos de operación. |
| B1: Permanencia | 4 | Este impacto tiene como característica que se genera durante la etapa de operación, pero de manera intermitente. La generación del impacto se considera temporal a corto plazo por el periodo de actividad de los vehículos y maquinaria, pero permanente por el periodo que implica el desarrollo del proyecto. |
| B2. Reversibilidad | 2 | Es un impacto que es totalmente reversible y con eficientes medidas de mitigación. |
| B3. Acumulabilidad / sinergia | 3 | En el sistema ambiental se tiene actividad de vehículos pesados y ligeros que circulan por la carretera federal 105 Pachuca – Huejutla – Tempoal de Sánchez, la carretera Hidalgo Otongo – Santa Ana de Allende, así como en caminos secundarios, tanto de terracería como pavimentados, construidos dentro del SAR y áreas de influencia del proyecto, por lo que, |

| IMPACTO AMBIENTAL 56: Alteración de la concentración de partículas sólidas y gases en el aire | | | |
|---|---|---|---|
| | | se trata de un impacto ambiental acumulativo. Sin embargo, se considera incierto por la interacción que puede generarse entre las emisiones generadas y las que actualmente se emiten, dado la cantidad y distancia entre sitios de generación. | |
| B4. Susceptibilidad | 2 | Se trata de un ambiente estable porque no se trata de una región que tenga registro de problemas de contaminación de este tipo, no existen grandes fuentes emisoras de contaminantes y no hay ecosistemas críticos que se vean impactados. | |
| Valor de la evaluación (ES) | -44 | Valor alfabético | -B (Impacto negativo moderado) |

| IMPACTO AMBIENTAL 57: Generación de ondas acústicas fuertes, no deseadas y desagradables para el sentido | | |
|---|---|---|
| **Etapa** | Operación y mantenimiento | |
| **Factor ambiental impactado:** | Aire / Confort sonoro | |
| **Tipo de impacto:** | Adverso | |
| **Actividades causantes:** | • Actividades de barrenación.<br>• Barrenación y voladuras.<br>• Barrenación, voladuras y amacice.<br>• Relleno con material estéril.<br>• Trituración y cribado de mineral.<br>• Apilamiento mineral crudo.<br>• Secado, molido y envasado.<br>• Operación de maquinaria, vehículos y equipos automotores.<br>• Mantenimiento de equipos y maquinaria (B). | |
| **Descripción:** | La maquinaria requerida para cargado, transporte y disposición de materiales, mantenimiento de los caminos de terracería, perforaciones, revestimiento, bombeo, etc., emiten un nivel de ruido superior a los 68 dB(A), considerado como el nivel máximo permitido en zonas industriales y comerciales, de acuerdo con lo establecido en el acuerdo que modifica el numeral 5.4 de la NOM-081-SEMARNAT-1994. | |
| **Descripción para evaluación RIAM modificado** | | |
| **Componente de evaluación (código)** | FQ-29 | |
| **Criterio** | **Valor** | **Comentario** |
| A1: Importancia | 2 | Tomando en cuenta que el movimiento de vehículos automotores se daría en toda las unidades mineras y parte de sus áreas de influencia para el traslado de personal y acarreo de materiales e insumos, y no solo operarían a nivel de predio, esto determina que su importancia va más allá de las unidades mineras, sin llegar a impactar todo el SAR. |
| A2: Magnitud | -1 | El valor se determinó con base en la cantidad de vehículos, maquinaria y equipos automotores que se requerirían, modelos, mantenimiento que tendrían y tiempos de operación. |
| B1: Permanencia | 4 | El impacto en sí para al momento de apagar la fuente generadora del problema, no obstante, al considerarse que la exploración y explotación minera se distribuye por varios años, durante la etapa de desarrollo del proyecto, implicando la emisión de ruido, se evalúa como un impacto |

| IMPACTO AMBIENTAL 57: Generación de ondas acústicas fuertes, no deseadas y desagradables para el sentido | | | |
|---|---|---|---|
| | | permanente, según la escala del tiempo definido en el criterio de evaluación del impacto. | |
| B2. Reversibilidad | 2 | Se considera un impacto totalmente reversible, el cual se deja de presentar al momento que la fuente que lo ocasiona deja de actuar. | |
| B3. Acumulabilidad / sinergia | 3 | En el sistema ambiental se tiene actividad de vehículos pesados y ligeros que circulan por la carretera federal 105 Pachuca – Huejutla – Tempoal de Sánchez, la carretera Hidalgo Otongo – Santa Ana de Allende, así como en caminos secundarios, tanto de terracería como pavimentados, construidos dentro del SAR y áreas de influencia del proyecto, por lo que, se trata de un impacto ambiental acumulativo. Sin embargo, se considera incierto por la interacción que puede generarse entre las emisiones de ondas sonoras generadas y las que actualmente se emiten, dado la cantidad y distancia entre sitios de generación. | |
| B4. Susceptibilidad | 2 | Se trata de un ambiente estable porque no se trata de una región que tenga registro de problemas de contaminación de este tipo, no existen grandes fuentes emisoras de ruido, más allá de la carretera 105, y no hay ecosistemas críticos que se vean impactados. | |
| Valor de la evaluación (ES) | -22 | Valor alfabético | -A (Impacto negativo ligero) |

| IMPACTO AMBIENTAL 58: Cambio en el comportamiento de factores climáticos | | |
|---|---|---|
| **Etapa** | Operación y mantenimiento | |
| **Factor ambiental impactado:** | Aire / Microclima | |
| **Tipo de impacto:** | Adverso | |
| **Actividades causantes:** | • Barrenación y voladuras.<br>• Disposición de material estéril (lodos y tepetate). | |
| **Descripción:** | La cobertura vegetal juega un importante papel en la regulación de factores climáticos a nivel local, entre ellos se pueden mencionar su influencia en la radiación solar que llega a la superficie, en la velocidad y dirección del viento, en la humedad ambiental, regulación de la humedad del suelo y en la humedad del aire. Dependiendo del valor que alcancen estos factores climáticos se determina la sensación del confort ambiental.<br>Lugares sin cobertura vegetal tienen una mayor incidencia y reflejo de radiación solar y el viento alcanza mayor velocidad, lo que influye en una mayor pérdida de humedad del suelo y el aire, generando una sensación de mayor temperatura ambiental local. | |
| **Descripción para evaluación RIAM modificado** | | |
| **Componente de evaluación (código)** | FQ-30 | |
| **Criterio** | **Valor** | **Comentario** |
| A1: Importancia | 2 | Este en un impacto que se manifiesta a nivel local, principalmente en el área donde se lleva a cabo la remoción de la vegetación y se expone el material rocoso como parte de los procesos de explotación mineral, el cual favorece el incremento del albedo (la cantidad de radiación solar que se refleja por la superficie). Un área con cobertura de vegetación tiene un albedo de entre 5 y 20% y un área rocosa de entre el 20 y 35%, es decir, tiene una mayor reflexión de radiación solar. |

| IMPACTO AMBIENTAL 58: Cambio en el comportamiento de factores climáticos | | | |
|---|---|---|---|
| A2: Magnitud | -1 | | |
| B1: Permanencia | 4 | El efecto tendrá en las áreas intervenidas una duración superior a los 15 años, determinado por la duración total del proyecto y el impacto se revertirá hasta que se implementen las medidas ambientales de restauración en las áreas intervenidas. Por las características del proyecto, se puede decir que este impacto se presenta de manera paulatina, conforme se demande la intervención y uso de las áreas y será recuperado de la misma manera. | |
| B2. Reversibilidad | 4 | El impacto se considera reversible mediante la implementación de las medidas de restauración apropiadas, no obstante, de largo plazo para lograr su restauración ambiental. | |
| B3. Acumulabilidad / sinergia | 4 | | |
| B4. Susceptibilidad | 3 | La presencia de la vegetación, su condición y el desarrollo de la fauna silvestre susceptible a cambios climáticos la convierte en un área sensible a estos cambios, sin llegar a clasificarse como extremadamente sensible considerando la superficie que aún existe en el SAR con cobertura vegetal forestal primaria y secundaria. | |
| Valor de la evaluación (ES) | -30 | Valor alfabético | -A (Impacto negativo ligero) |

| IMPACTO AMBIENTAL 59: Aprovechamiento del volumen de agua superficial autorizada para su aprovechamiento | |
|---|---|
| **Etapa** | Operación y mantenimiento |
| **Factor ambiental impactado:** | Agua / Disponibilidad |
| **Tipo de impacto:** | Adverso |
| **Actividades causantes:** | • Actividades de barrenación.<br>• Trituración y cribado de mineral.<br>• Disposición de material estéril (lodos y tepetate).<br>• Mantenimiento de caminos de terracería. |
| **Descripción:** | La preparación del concreto para el revestimiento de obras subterráneas demanda el uso de agua. La preparación del concreto a usarse debe mantener una resistencia entre los 100 kg $cm^{2-1}$ y los 140 kg $cm^{2-1}$, por lo que en promedio se demandaría 0.700 $m^3$ de agua por tonelada de cemento.<br>Por el uso constante e intenso de los caminos de acceso e internos, será necesario implementar un programa de mantenimiento y rehabilitación de la carpeta de rodamiento, lo que implica el tendido y conformación de las subbases y bases hidráulicas para darle estabilidad a los caminos de terracería que requieren alcanzar el nivel de compactación establecido en las normas técnicas. Las características técnicas se alcanzan y mantienen bajo determinado porcentaje de humedad y depende de la granulometría correspondiente de la subbase y base. Para ello, se demanda agua dulce para alcanzar el grado de humedad requerido.<br>Además, para reducir la suspensión de partículas de suelo por el movimiento de vehículos y equipos pesados automotores se aplicarán riegos diarios en la terracería en los tramos en uso, principalmente durante la época de secas.<br>Como parte de la operación del proyecto, se demanda agua de proceso para la operación de la planta y la minería, así como para uso doméstico en el sitio de la mina, campamentos y la planta de beneficio. |

| **IMPACTO AMBIENTAL 59: Aprovechamiento del volumen de agua superficial autorizada para su aprovechamiento** | |
|---|---|
| | Le empresa minera cuenta con cuatro concesiones para el aprovechamiento de aguas nacionales superficiales por un volumen total anual que suman 606,233.00 $m^3$. El aprovechamiento se hace directamente de arroyos que cruzan por las unidades mineras, en los cuales se construyeron bordos o represas. Estas obras cuentan con los títulos de concesión para explotar, usar o aprovechar cauces, vasos, zona federal o bienes nacionales vigentes, mismas que se mencionan en el capítulo II y se incluyen en el apartado de anexos de esta MIA-R integral.<br>El agua de laboreo de los tajos no es aprovechada y se bombea hacia sedimentadores donde posteriormente, ya sin sedimentos, se descargan hacia cuerpos de agua superficiales.<br>La cuenca hidrológica en la que se encuentra el SAR del proyecto cuenta con disponibilidad media anual de agua superficial de 260.985 $Mm^3$, el cual resulta de un volumen de escurrimiento aguas abajo de 446.881 $Mm^3$, a lo cual se le restan los volúmenes comprometidos de 94.916 $Mm^3$ por usos y 90.980 $Mm^3$ para flujos mínimos ecológicos. |

| **Descripción para evaluación RIAM modificado** | | | |
|---|---|---|---|
| **Componente de evaluación (código)** | FQ-31 | | |
| **Criterio** | **Valor** | **Comentario** | |
| A1: Importancia | 2 | La importancia del impacto está determinada por las características y condiciones de disponibilidad de agua de la cuenca hidrológica sobre la que se ubican las unidades mineras, la cual cuenta con disponibilidad media anual de agua superficial de 260.985 $Mm^3$. | |
| A2: Magnitud | -2 | Con base en la demanda de agua, el tiempo de duración de la etapa, las características de los cuerpos de agua superficiales de los cuales se toma el agua y la disponibilidad media anual de agua de la cuenca hidrológica, se consideró que el impacto tendría una magnitud a nivel de cambio negativo significativo del estado actual. | |
| B1: Permanencia | 4 | La demanda de agua para la operación del proyecto termina justo al momento de terminar esta etapa, no obstante, posteriormente se tiene la demanda de agua para las actividades de abandono del proyecto. | |
| B2. Reversibilidad | 2 | El agua es un recurso esencial para el desarrollo de diversas actividades, así que su demanda en el proyecto iniciará en la construcción y terminará al finalizar la etapa de abandono, pasando por la etapa de operación y mantenimiento, etapa que se evalúa en esta ficha, pero se evalúa como irreversible por tratarse de un recurso natural no renovable. | |
| B3. Acumulabilidad / sinergia | 4 | Es un impacto que se suma al ocasionado por el desarrollo de las actividades y la demanda de las localidades de la región de la cuenca hidrológica de donde se obtiene el agua. | |
| B4. Susceptibilidad | 3 | Se evalúa a nivel de sensible tomando en cuenta que se trata de una cuenca hidrológica que aún cuenta con volumen disponible para su aprovechamiento, a pesar de que cuenta con un mayor número de cuerpos de agua temporales. | |
| Valor de la evaluación (ES) | -52 | Valor alfabético | -B (Impacto negativo moderado) |

| **IMPACTO AMBIENTAL 60: Alteración de la composición física, química y/o bacteriológica en el agua superficial** | |
|---|---|
| **Etapa** | Operación y mantenimiento |

| **IMPACTO AMBIENTAL 60: Alteración de la composición física, química y/o bacteriológica en el agua superficial** | | |
|---|---|---|
| **Factor ambiental impactado:** | Agua / Calidad | |
| **Tipo de impacto:** | Adverso | |
| **Actividades causantes:** | • Disposición de material estéril.<br>• Apilamiento mineral crudo.<br>• Disposición de material estéril (lodos y tepetate).<br>• Mantenimiento de equipos y maquinaria. | |
| **Descripción:** | Este impacto se podría presentar por dos vías, una es por medio de la escorrentía de lluvias fuertes y desagües de agua acumulada proveniente del manto freático que arrastran agentes contaminantes a cuerpos de agua superficiales y, la segunda, por efecto de descarga de aguas residuales sin tratamiento, o de procesos de operación deficientes, hacia bienes nacionales. Estos contaminantes van desde compuestos inorgánicos utilizados en procesos y sustancias químicas usadas en actividades de mantenimiento y perforaciones, hasta el arrastre de pequeñas partículas sueltas producto de detonaciones y movimiento de maquinaria y vehículos en suelos descubiertos con baja humedad.<br>Los tajos no presentan peligro de contaminación y, por su naturaleza, no presentan salidas naturales de agua hacia su exterior. Esta agua es bombeada hacia los sedimentadores para eliminar las partículas suspendidas y, una que limpia, ser descarga libre de contaminantes a cuerpos de agua superficiales.<br>El apilamiento de baja ley no contendrá material que represente un peligro de contaminación; si acaso, pudiera ser fuente de material fino (sedimento) que el escurrimiento pudiera arrastrar hacia la zona de escurrimiento. Esto se evitará dirigiendo el escurrimiento que se genere en el apilamiento hacia sedimentadores que se construirá para atrapar los sólidos en el escurrimiento.<br>Los caminos de servicio y de acarreo tampoco representan peligro de contaminación, siendo la única posibilidad una posible fuga de hidrocarburos (aceites) derivada de la descompostura de los vehículos que transiten por los mismos.<br>Las aguas residuales provenientes de sanitarios, baños, comedores, servicio de cafetería, servicio de limpieza y mantenimiento de las instalaciones serían las que sufrirían alteración de su composición química con productos orgánicos de las cocinas, detergentes y materia orgánica de los sanitarios, e inorgánicos por sustancias químicas requeridas en los procesos de obtención de los minerales, principalmente. Siendo estas las que deberían ser manejadas apropiadamente para evitar que contaminen otras áreas, dentro o fuera de las unidades mineras, o cuerpos de agua superficiales.<br>En el recinto minero operan plantas de tratamiento de agua residual sanitarias y para agua de procesos para el tratamiento de las aguas residual generadas en las tres unidades mineras. Las aguas residuales tratadas son reutilizadas en el riego de caminos y frentes de trabajo activos que demanden la aplicación de riegos para mitigar la suspensión de partículas. | |
| **Descripción para evaluación RIAM modificado** | | |
| **Componente de evaluación (código)** | FQ-32 | |
| **Criterio** | **Valor** | **Comentario** |
| A1: Importancia | 2 | Se evalúa como un impacto que se genera de forma puntual, pero su dispersión (arrastre) puede involucrar áreas externas al predio. |
| A2: Magnitud | -2 | Se trata de un impacto ambiental negativo significativo, sin llegar a ser mayor dado el volumen de agua contaminada generada, los tipos de |

| IMPACTO AMBIENTAL 60: Alteración de la composición física, química y/o bacteriológica en el agua superficial | | | |
|---|---|---|---|
| | | contaminantes que contendrían, además de la existencia de medidas ambientales eficientes para mitigarlo. | |
| B1: Permanencia | 4 | El impacto en sí para en el momento de detener la actividad generadora de la afectación, no obstante, al considerarse que la operación y mantenimiento del proyecto se distribuye por varios años, durante la etapa de desarrollo del proyecto, se considera como un impacto permanente, tomando como base el tiempo definido en el criterio de evaluación del impacto. | |
| B2. Reversibilidad | 3 | Existen medidas ambientales para prevenir, mitigar o, en caso dado, detener la generación del impacto y el impacto mismo en su totalidad. | |
| B3. Acumulabilidad / sinergia | 3 | | |
| B4. Susceptibilidad | 3 | La presencia de los cuerpos de agua superficiales intermitentes que cruzan las unidades mineras, así como sus áreas de influencia y el SAR mismo convierten la zona un área sensible a cambios ambientales, sin llegar a considerarse extremadamente sensible por la temporalidad en que los cauces llevan agua. | |
| Valor de la evaluación (ES) | -52 | Valor alfabético | -B (Impacto negativo moderado) |

| IMPACTO AMBIENTAL 61: Alteración de la composición física, química y/o bacteriológica en el agua subterránea | |
|---|---|
| **Etapa** | Operación y mantenimiento |
| **Factor ambiental impactado:** | Agua / Calidad |
| **Tipo de impacto:** | Adverso |
| **Actividades causantes:** | • Actividades de barrenación.<br>• Barrenación y voladuras.<br>• Barrenación, voladuras y amacice.<br>• Anclaje.<br>• Mantenimiento de equipos y maquinaria. |
| **Descripción:** | La contaminación del acuífero en esta etapa se puede dar por la elevación del nivel del agua del manto freático. La generación de material residual, el movimiento de maquinaria y otros equipos automotores, revestimiento de áreas aprovechadas, barrenación en los procesos de exploración, mantenimiento de servicios dentro de las obras subterráneas, derrames y fugas accidentales de sustancias químicas, procesos de lixiviación y contaminación de manto acuífero por aguas residuales contaminadas son las potenciales fuentes generadoras de alteración de la calidad de agua subterránea.<br>Las aguas residuales provenientes de sanitarios, baños, servicio de cafetería, servicio de limpieza y mantenimiento de las instalaciones, así como residuales de proceso, serían las que sufrirían alteración de su composición química con productos orgánicos de las cocinas, detergentes y materia orgánica de los sanitarios, e inorgánicos por sustancias químicas requeridas en los procesos de obtención de los minerales, principalmente. Siendo estas las que deberían ser manejadas apropiadamente para evitar que contaminen otras áreas, dentro o fuera del predio, o cuerpos de agua subterráneos.<br>Los resultados realizados a las muestras de aguas residuales tratadas han mostrado que se encuentra dentro de los parámetros establecidos en la norma oficial mexicana NOM-001-SEMARNAT-1996, usada como referencia en su momento, la |

| IMPACTO AMBIENTAL 61: Alteración de la composición física, química y/o bacteriológica en el agua subterránea | | | |
|---|---|---|---|
| | cual ha cambiado con base a la actualización a NOM-001-SEMARNAT-2021. Los resultados de muestreos realizados se encuentran en el apartado de anexos. | | |
| **Descripción para evaluación RIAM modificado** | | | |
| **Componente de evaluación (código)** | FQ-33 | | |
| **Criterio** | **Valor** | **Comentario** | |
| A1: Importancia | 2 | Se considera un impacto que se genera de forma puntual, pero su dispersión (arrastre) puede involucrar áreas más allá de los límites del predio. | |
| A2: Magnitud | -2 | Se trata de un impacto ambiental negativo del estado actual, sin llegar a ser significativo, dado el volumen de agua contaminada generada y los tipos de contaminantes que contendría. | |
| B1: Permanencia | 4 | Se trata de un impacto que se tiene durante toda la etapa de operación del proyecto. | |
| B2. Reversibilidad | 3 | | |
| B3. Acumulabilidad / sinergia | 3 | El uso de pesticidas para la prevención y control de plagas y enfermedades y herbicidas para el control de malezas en las actividades agropecuarias y las aguas residuales generadas en las zonas urbanas (localidades) inmersas en el SAR son las fuentes contaminantes potenciales del manto freático con las que puede interactuar el impacto potencial a generarse por el desarrollo del proyecto. | |
| B4. Susceptibilidad | 2 | No se identificaron fuentes potencialmente sensibles de ser afectadas por el desarrollo del proyecto. | |
| Valor de la evaluación (ES) | -48 | Valor alfabético | -B (Impacto negativo moderado) |

| IMPACTO AMBIENTAL 62: Cambio en el flujo y movimientos de agua superficial temporales | |
|---|---|
| **Etapa** | Operación y mantenimiento |
| **Factor ambiental impactado:** | Agua / Modificación del flujo superficial |
| **Tipo de impacto:** | Adverso |
| **Actividades causantes:** | • Conformación de planillas.<br>• Barrenación y voladuras.<br>• Disposición de material estéril.<br>• Relleno con material estéril.<br>• Apilamiento mineral crudo.<br>• Disposición de material estéril (lodos y tepetate). |
| **Descripción:** | En las etapas previas se tienen afectaciones en la conformación topográfica por las actividades de nivelación, excavaciones y desplante de obras, pero es en esta etapa que debido a las actividades mineras se tiene una mayor afectación, tanto en el cambio en magnitud del cambio como en la superficie afectada. La superficie involucrada en la conformación de los tajos es de 92.0477 ha, área con cambio negativo generado en la conformación geomorfológica por la excavación.<br>Las tepetateras suman 210.0979 ha y los sitios de disposición de material estéril (lodos y tepetate) 30.7112 ha, en conjunto suman 240.8091 ha que, en su formación, a través de la disposición de tepetate y material de proceso, se cambia la conformación pasando a formar montículos en los sitios de disposición, cambiando |

| IMPACTO AMBIENTAL 62: Cambio en el flujo y movimientos de agua superficial temporales | | | |
|---|---|---|---|
| | el relieve en los sitios de su formación, con una altura de depósito que ronda los 80 m.<br>Estos cambios en la conformación del relieve tienen un efecto directo en los sitios por donde fluye el agua en su proceso natural de formación de escorrentía, bloqueando y cambiando los flujos naturales. | | |
| **Descripción para evaluación RIAM modificado** | | | |
| **Componente de evaluación (código)** | FQ-34 | | |
| **Criterio** | **Valor** | **Comentario** | |
| A1: Importancia | 1 | Es un impacto que se genera a nivel local, pudiéndose considerar más de manera puntual en las áreas de desplante de obras. | |
| A2: Magnitud | -3 | Es un impacto que implica un cambio significativo del estado actual según el área involucrada y la modificación que implica en la presencia de escorrentía en la época del año, sin implicar un bloqueo definitivo del flujo. | |
| B1: Permanencia | 4 | En un impacto que se inicia desde el momento de la conformación de los tajos y las tepetateras y permanece una vez concluida la etapa de operación del proyecto. Este es de los impactos ambientales de tipo residual que genera el desarrollo del proyecto. | |
| B2. Reversibilidad | 4 | El valor está asignado considerando el tiempo que duraría la restauración del área afectada y se recupere su funcionalidad debido al nuevo uso de suelo que tendrían los sitios afectados, no por el hecho de que la afectación vaya a ser permanente. | |
| B3. Acumulabilidad / sinergia | 4 | | |
| B4. Susceptibilidad | 4 | Se valoriza como un impacto extremadamente sensible por el hecho de que se trata de un área con alta precipitación anual y presencia de cuerpos de agua superficiales temporales que dependen de los flujos de escorrentía para mantenerse activos. | |
| Valor de la evaluación (ES) | -48 | Valor alfabético | -B (Impacto negativo moderado) |

| IMPACTO AMBIENTAL 63: Alteración del proceso de infiltración de agua al manto freático | |
|---|---|
| **Etapa** | Operación y mantenimiento |
| **Factor ambiental impactado:** | Agua / Modificación del flujo superficial |
| **Tipo de impacto:** | Adverso |
| **Actividades causantes:** | • Disposición de material estéril.<br>• Relleno con material estéril.<br>• Apilamiento mineral crudo.<br>• Disposición de material estéril (lodos y tepetate). |
| **Descripción:** | En las etapas previas se tienen afectaciones en la conformación topográfica por las actividades de nivelación, excavaciones y desplante de obras, pero es en esta etapa que debido a las actividades mineras se tiene una mayor afectación, tanto en el cambio en magnitud del cambio como en la superficie afectada. La superficie involucrada en la conformación de los tajos es de 92.0477 ha, área con cambio negativo generado en la conformación geomorfológica por la excavación.<br>Las tepetateras suman 210.0979 ha y los sitios de disposición de material estéril (lodos y tepetate) 30.7112 ha, en conjunto suman 240.8091 ha que, en su formación, |

| **IMPACTO AMBIENTAL 63: Alteración del proceso de infiltración de agua al manto freático** | | | |
|---|---|---|---|
| | a través de la disposición de tepetate y material de proceso, se cambia la conformación pasando a formar montículos en los sitios de disposición, cambiando el relieve en los sitios de su formación, con una altura de depósito que ronda los 80 m.<br>Estos cambios en la conformación del relieve tienen un efecto directo en los sitios por donde fluye el agua en su proceso natural de formación de escorrentía, bloqueando y cambiando los flujos naturales. | | |
| **Descripción para evaluación RIAM modificado** | | | |
| **Componente de evaluación (código)** | FQ-35 | | |
| **Criterio** | **Valor** | **Comentario** | |
| A1: Importancia | 1 | Es un impacto que se genera a nivel local, pudiéndose considerar más de manera puntual en las áreas de realización de obras y actividades de la operación minera. | |
| A2: Magnitud | -2 | Es un impacto que implica un cambio significativo del estado actual dado el área involucrada, pero que no llega a ser significativamente mayor por generarse más allá de las unidades mineras, no hay bloqueo definitivo del flujo y puede ser fácilmente mitigado. | |
| B1: Permanencia | 4 | En un impacto que se inicia desde el momento de la conformación de los tajos y las tepetateras y permanece durante toda la etapa de operación del proyecto. | |
| B2. Reversibilidad | 4 | | |
| B3. Acumulabilidad / sinergia | 4 | | |
| B4. Susceptibilidad | 4 | | |
| Valor de la evaluación (ES) | -32 | Valor alfabético | -B (Impacto negativo moderado) |

| **IMPACTO AMBIENTAL 64: Disminución del número de individuos de las especies de fauna silvestre** | |
|---|---|
| **Etapa** | Operación y mantenimiento |
| **Factor ambiental impactado:** | Fauna silvestre / Abundancia |
| **Tipo de impacto:** | Adverso |
| **Actividades causantes:** | • Conformación de planillas.<br>• Actividades de barrenación.<br>• Operación de maquinaria, vehículos y equipos automotores.<br>• Mantenimiento de caminos de terracería. |
| **Descripción:** | La fauna silvestre en general representa ser un componente ambiental sensible a los movimientos de vehículos, maquinaria y de personal, aunque existen especies que después de un tiempo de convivir con estas fuentes generadoras de cambios en el medio ambiente logran tener cierto grado de adaptación, siempre y cuando sigan encontrando algunas de las condiciones que ellos necesitan para sobrevivir en las superficies afectadas, así lo demuestran trabajos realizados en los que estudian el comportamiento animal a la alteración de su medio ambiente.<br>El constante movimiento vehicular para el transporte de personal, materiales e insumos, operación de la maquinaria y equipos automotores, así como el movimiento del personal para la realización de sus actividades ahuyentaría y limitaría el movimiento de ejemplares de fauna silvestre dentro del área del proyecto, así como en áreas aledañas a este. Al exterior del predio la afectación |

| IMPACTO AMBIENTAL 64: Disminución del número de individuos de las especies de fauna silvestre | | | |
|---|---|---|---|
| | estaría dada por el incremento del flujo vehicular para el transporte de personal y de materiales e insumos, mientras que en el predio la afectación estaría dada principalmente por las actividades constructivas que tendrían lugar durante el día. | | |
| **Descripción para evaluación RIAM modificado** | | | |
| **Componente de evaluación (código)** | BE-11 | | |
| **Criterio** | **Valor** | **Comentario** | |
| A1: Importancia | 1 | El grado de importancia radica en la diversidad de especies de fauna silvestre en el área de trabajo, de las cuales 16 especies identificadas a nivel del SAR se encuentran en alguna categoría de riesgo según el listado de la NOM-059-SEMARNAT-2010. | |
| A2: Magnitud | -1 | La magnitud se considera como cambio adverso del estado actual ya que solo implica una disminución en el número de ejemplares de fauna silvestre presentes en las unidades mineras y zonas aledañas de las áreas de influencia, por ahuyentamiento de individuos, sin que ello implique la muerte de ejemplares. | |
| B1: Permanencia | 4 | La afectación se valorizó tomando en cuenta el número de años que implican el desarrollo de las actividades constructivas, las cuales serán por periodos determinados, pero a través del plazo definido en el programa de actividades presentado en el capítulo II de esta MIA-R. | |
| B2. Reversibilidad | 4 | | |
| B3. Acumulabilidad / sinergia | 4 | Es un impacto que se suma a los cambios que han ocasionado los asentamientos humanos en la región, la construcción de las vías de comunicación, líneas de transmisión y conducción eléctrica y las actividades agropecuarias. | |
| B4. Susceptibilidad | 3 | La sensibilidad otorgada está relacionada con la disponibilidad de hábitat con características ambientales similares a las del predio. Por lo que, los individuos que sufrieran alteración de su hábitat podrían desplazarse hacia estas áreas. | |
| Valor de la evaluación (ES) | -15 | Valor alfabético | -A (Impacto negativo ligero) |

| IMPACTO AMBIENTAL 65: Alteración de las áreas de desplazamiento de ejemplares de fauna silvestre | |
|---|---|
| **Etapa** | Operación y mantenimiento |
| **Factor ambiental impactado:** | Fauna silvestre / Movilidad |
| **Tipo de impacto:** | Adverso |
| **Actividades causantes:** | • Conformación de planillas.<br>• Actividades de barrenación.<br>• Operación de maquinaria, vehículos y equipos automotores.<br>• Mantenimiento de caminos de terracería. |
| **Descripción:** | La alteración que sufriría el predio por la construcción de las obras y la realización de las actividades mineras que implican la exploración y explotación de manganeso provocarían romper y alterar la continuidad de áreas de desplazamiento y hábitat de algunas especies de fauna silvestre, principalmente por el movimiento de la maquinaria pesada y vehículos para el movimiento de material y bienes y servicios que demanda la operación de las unidades mineras. A esto se le suma el movimiento del personal para la realización de sus actividades. |

| **IMPACTO AMBIENTAL 65: Alteración de las áreas de desplazamiento de ejemplares de fauna silvestre** | | | |
|---|---|---|---|
| **Descripción para evaluación RIAM modificado** | | | |
| **Componente de evaluación (código)** | BE-12 | | |
| **Criterio** | **Valor** | **Comentario** | |
| A1: Importancia | 1 | Las afectaciones que se tendrían en el ambiente y que incidirían en el desplazamiento de la fauna silvestre, principalmente de las de desplazamiento a nivel de suelo, serían puntuales dentro de las unidades mineras y, en menor grado, dentro del área de influencia. No se espera que se tenga impacto en todo el SAR. | |
| A2: Magnitud | -2 | Se considera que se genera un cambio negativo significativo por el conjunto de actividades que ocasionan este impacto ambiental y el área que se vería involucrada. | |
| B1: Permanencia | 4 | | |
| B2. Reversibilidad | 4 | La afectación al desplazamiento de la fauna silvestre se da durante toda la etapa de preparación del sitio y esto incluye la realización de todas las actividades, y lo que ello implica, para la preparación de las áreas de desplante de obras. | |
| B3. Acumulabilidad / sinergia | 4 | En el sistema ambiental se tiene actividad de vehículos y maquinaria trabajando directa e indirectamente con la empresa minera, los cuales circulan por las vías de comunicación y caminos de terracería aledaño y dentro de las unidades mineras del proyecto, por lo que, se trata de un impacto ambiental acumulativo. | |
| B4. Susceptibilidad | 3 | | |
| Valor de la evaluación (ES) | -30 | Valor alfabético | -A (Impacto negativo ligero) |

| **IMPACTO AMBIENTAL 66: Afectación a ejemplares de fauna silvestre de especies en categoría de riesgo relevancia ambiental** | |
|---|---|
| **Etapa** | Operación y mantenimiento |
| **Factor ambiental impactado:** | Fauna silvestre / Especies en categoría de riesgo |
| **Tipo de impacto:** | Adverso |
| **Actividades causantes:** | • Conformación de planillas.<br>• Actividades de barrenación.<br>• Operación de maquinaria, vehículos y equipos automotores.<br>• Mantenimiento de caminos de terracería. |
| **Descripción:** | La alteración de las áreas de desplazamiento, más el movimiento de equipos automotores y del personal, ocasionarían una afectación del hábitat de la fauna silvestre, incluyendo a los ejemplares de especies catalogadas en alguna categoría de riesgo, tomando en cuenta que de las 149 especies totales de fauna silvestre identificadas a nivel del SAR, 16 especies se encuentran listadas en categoría de riesgo, considerando la modificación del listado de la NOM-059-SEMARNAT-2010, siete clasificadas como especies amenazada (A), seis sujetas a protección especial (Pr) y tres en peligro de extinción (P).<br>Por clase, se tiene que solo un anfibio se encuentra clasificado como especie sujeta a protección especial. De las tres especies de reptiles, dos se encuentran en la lista de la NOM-059-SEMARNAT-2010, una clasificada como amenazada y la otra sujeta a protección especial. |

| **IMPACTO AMBIENTAL 66: Afectación a ejemplares de fauna silvestre de especies en categoría de riesgo relevancia ambiental** | | | |
|---|---|---|---|
| | De las 17 especies de mamíferos identificadas en el SAR, tres se encuentran en alguna categoría de riesgo, dos en peligro de extinción y una amenazada. Y, finalmente, de las 123 especies de aves 10 se encuentran en categoría de riesgo, de las cuales, cinco se clasifican como amenazadas, cuatro sujetas a protección especial y una en peligro de extinción.<br>La afectación que se ocasionaría a ejemplares de estas especies no implica la eliminación de las especies o ejemplares, sino solo el desplazamiento de su área de influencia. | | |
| **Descripción para evaluación RIAM modificado** | | | |
| **Componente de evaluación (código)** | BE-13 | | |
| **Criterio** | **Valor** | **Comentario** | |
| A1: Importancia | 1 | Si bien, las actividades a desarrollarse en el proyecto pueden ocasionar el desplazamiento de individuos que habitan dentro del área de actuación para el desarrollo del proyecto, se considera que el impacto no tendría mayor relevancia más allá del del SAR del proyecto, tomando en cuenta las condiciones ambientales favorables que aún privan dentro del polígono. | |
| A2: Magnitud | -3 | Se clasifica como un impacto significativamente mayor, y no solo negativo, bajo la consideración de que se afectarían individuos de especies que tienen una baja incidencia en el área de actuación y son consideradas especies en categoría de riesgo, lo que determina su relevancia ambiental. | |
| B1: Permanencia | 4 | | |
| B2. Reversibilidad | 4 | | |
| B3. Acumulabilidad / sinergia | 4 | | |
| B4. Susceptibilidad | 4 | Se considera un impacto sensible debido a la categoría de riesgo de las especies, no obstante, la disponibilidad de hábitat para su desarrollo. | |
| Valor de la evaluación (ES) | -48 | Valor alfabético | -B (Impacto negativo moderado) |

| **IMPACTO AMBIENTAL 67: Modificación de las cualidades estético - paisajísticas** | |
|---|---|
| **Etapa** | Operación y mantenimiento |
| **Factor ambiental impactado:** | Base paisajística / Calidad estético - paisajística |
| **Tipo de impacto:** | Adverso |
| **Actividades causantes:** | • Conformación de planillas.<br>• Barrenación y voladuras.<br>• Disposición de material estéril.<br>• Apilamiento mineral crudo.<br>• Disposición de material estéril (lodos y tepetate).<br>• Mantenimiento de instalaciones (B). |
| **Descripción:** | La ubicación dispersa de grandes volúmenes de tepetate, disposición de material estéril (lodos y tepetate), más la formación de los tajos sobresaldrían y representarían un cambio visual drástico del paisaje natural que se tiene actualmente. |
| **Descripción para evaluación RIAM modificado** | |

| **IMPACTO AMBIENTAL 67: Modificación de las cualidades estético - paisajísticas** | | | |
|---|---|---|---|
| **Componente de evaluación (código)** | SC-10 | | |
| **Criterio** | **Valor** | **Comentario** | |
| A1: Importancia | 1 | La escala está dada en función de que el impacto se generaría a nivel local (puntual), en los sitios de disposición de los residuos mineros y en los sitios de los tajos, no obstante que el impacto se vería desde diferentes puntos del área de influencia y SAR. | |
| A2: Magnitud | -3 | La acumulación de residuos mineros y la formación de los tajos visible desde diferentes puntos de ubicación dentro y fuera del proyecto, se considera que se clasificaría como un cambio negativo significativo. | |
| B1: Permanencia | 4 | | |
| B2. Reversibilidad | 4 | | |
| B3. Acumulabilidad / sinergia | 4 | | |
| B4. Susceptibilidad | 3 | La sensibilidad del ambiente está determinada por el rompimiento de la unidad de paisaje, dominada por la cobertura vegetal forestal, debido a la instalación de infraestructura, existencia de áreas sin cobertura vegetal y cambios de relieve por la formación de grandes montículos y las excavaciones en el área de tajos. | |
| Valor de la evaluación (ES) | -45 | Valor alfabético | -B (Impacto negativo moderado) |

| **IMPACTO AMBIENTAL 68: Impacto en la calidad de vida de los vecinos de las obras** | | | |
|---|---|---|---|
| **Etapa** | Operación y mantenimiento | | |
| **Factor ambiental impactado:** | Paisaje / Impacto visual | | |
| **Tipo de impacto:** | Adverso | | |
| **Actividades causantes:** | • Disposición de material estéril.<br>• Rezague de mineral (Cargado y extracción).<br>• Apilamiento mineral crudo.<br>• Disposición de material estéril (lodos y tepetate). | | |
| **Descripción:** | La formación de grandes depósitos de residuos mineros y la formación de los tajos impactaría la visualización natural del panorama total estando situados aledaños a las construcciones y áreas de actividades mineras. Además, todo el movimiento que implica la actividad minera, no solo a nivel de las unidades mineras del proyecto, sino incluyendo parte de las áreas de influencia, representa un cambio en la forma de vida, positivos y negativos, en las localidades aledañas a la unidad minera. | | |
| **Descripción para evaluación RIAM modificado** | | | |
| **Componente de evaluación (código)** | SC-11 | | |
| **Criterio** | **Valor** | **Comentario** | |
| A1: Importancia | 1 | Es un impacto local, llegándose a considerar más del tipo puntual. | |
| A2: Magnitud | -2 | | |
| B1: Permanencia | 4 | | |
| B2. Reversibilidad | 4 | | |
| B3. Acumulabilidad / sinergia | 3 | Este impacto se clasifica como acumulativo ya que se suma a las áreas actualmente construidas dentro de los límites del SAR. Sin embargo, se considera incierto por el nivel de interacción que pudieran tener las obras | |

| IMPACTO AMBIENTAL 68: Impacto en la calidad de vida de los vecinos de las obras | | | |
|---|---|---|---|
| | | existentes con las obras y su afectación al medio ambiente que pudieran ocasionar las obras del proyecto por la concentración de las afectaciones y la distancia hacia las áreas afectadas. | |
| B4. Susceptibilidad | 3 | | |
| Valor de la evaluación (ES) | -28 | Valor alfabético | -A (Impacto negativo ligero) |

| IMPACTO AMBIENTAL 69: Obtención de recursos minerales del subsuelo | | | |
|---|---|---|---|
| **Etapa** | Operación y mantenimiento | | |
| **Factor ambiental impactado:** | Uso de suelo industrial / Producción mineral | | |
| **Tipo de impacto:** | Benéfico | | |
| **Actividades causantes:** | • Conformación de planillas.<br>• Actividades de barrenación.<br>• Trituración y cribado de mineral.<br>• Disposición de material estéril (lodos y tepetate). | | |
| **Descripción:** | Todas las actividades por desarrollarse como parte del proyecto están encaminadas a lograr el objetivo general que es el de extraer la mayor cantidad manganeso de los yacimientos que se encuentran en el área del Distrito Minero Autlán. De no efectuarse, sería mantener un recurso, considerado bien nacional, sin aprovechar en un área que se encuentra disponible y que actualmente no tiene alternativas de desarrollo para las comunidades asentadas en la región. | | |
| **Descripción para evaluación RIAM modificado** | | | |
| **Componente de evaluación (código)** | SC-12 | | |
| **Criterio** | **Valor** | **Comentario** | |
| A1: Importancia | 3 | El valor se asigna considerando que se trata de la explotación de recursos existente en la región, en un área que no cuenta con oportunidades de desarrollo para los pobladores. | |
| A2: Magnitud | 2 | | |
| B1: Permanencia | 4 | Las cantidades de materiales por extraer se consideran limitadas a las existencias identificadas, en áreas potenciales de llevar a cabo la explotación, sin embargo, se valora como permanente dado el tiempo que implica el periodo de explotación, tomando en cuenta los valores para evaluar el criterio. | |
| B2. Reversibilidad | 4 | | |
| B3. Acumulabilidad / sinergia | 2 | | |
| B4. Susceptibilidad | 2 | | |
| Valor de la evaluación (ES) | 72 | Valor alfabético | C (Impacto positivo significativo) |

| IMPACTO AMBIENTAL 70: Conservación funcional de vías de comunicación | |
|---|---|
| **Etapa** | Operación y mantenimiento |
| **Factor ambiental impactado:** | Uso de suelo de vía de comunicación/ Camino de acceso |
| **Tipo de impacto:** | Benéfico |

| **IMPACTO AMBIENTAL 70: Conservación funcional de vías de comunicación** | | | |
|---|---|---|---|
| **Actividades causantes:** | • Conservación del camino de terracería internos y externos para las operaciones mineras y acceso a la unidad minera. | | |
| **Descripción:** | Para el desarrollo y mantenimiento de las instalaciones del proyecto es indispensable mantener las vialidades de comunicación, incluyendo los entronques con importantes vías de comunicación, en óptimas condiciones, por lo que, se programarían y realizarían todas las acciones requeridas para ello. Al mismo tiempo, el buen funcionamiento del camino ayudaría al traslado de trabajadores, directos e indirectos, de la mina, así como de pobladores que requieran utilizarlo. | | |
| **Descripción para evaluación RIAM modificado** | | | |
| **Componente de evaluación (código)** | SC-13 | | |
| **Criterio** | **Valor** | **Comentario** | |
| A1: Importancia | 2 | | |
| A2: Magnitud | 2 | | |
| B1: Permanencia | 4 | | |
| B2. Reversibilidad | 4 | | |
| B3. Acumulabilidad / sinergia | 4 | | |
| B4. Susceptibilidad | 2 | | |
| Valor de la evaluación (ES) | 56 | Valor alfabético | C (Impacto positivo significativo) |

| **IMPACTO AMBIENTAL 71: Incremento de riesgos por accidentes** | | | |
|---|---|---|---|
| **Etapa** | Operación y mantenimiento | | |
| **Factor ambiental impactado:** | Calidad de vida / Riesgo de accidentes | | |
| **Tipo de impacto:** | Adverso | | |
| **Actividades causantes:** | • Barrenación y voladuras<br>• Barrenación, voladuras y amacice<br>• Rezague de mineral (Cargado y extracción)<br>• Operación de maquinaria y vehículos.<br>• Anclaje (B)<br>• Relleno con material estéril (B) | | |
| **Descripción:** | En esta etapa de desarrollo del proyecto se demanda un mayor uso de maquinaria y vehículos pesados, además de que se requiere el uso de explosivos, tanto en las actividades de explotación a cielo abierto como en mina subterránea, lo que implica un mayor riesgo de accidentes para el personal que labora en la empresa.<br>Esto no implica un mayor riesgo para los pobladores de las localidades aledañas a las unidades mineras. | | |
| **Descripción para evaluación RIAM modificado** | | | |
| **Componente de evaluación (código)** | SC-14 | | |
| **Criterio** | **Valor** | **Comentario** | |
| A1: Importancia | 1 | Es un impacto que se generaría a nivel local, puntualmente en los frentes de trabajo de actividades de exploración y explotación minera, dentro de las áreas de las unidades mineras. | |
| A2: Magnitud | -2 | Se considera adverso significativo por el riesgo que correría el personal de los frentes activos, en los que se incluye a los de la mina subterránea. | |

| **IMPACTO AMBIENTAL 71: Incremento de riesgos por accidentes** | | | |
|---|---|---|---|
| | | Sin embargo, dada la experiencia de la empresa en el desarrollo de estas actividades, se tienen bien identificados los agentes causales de accidentes y se tienen establecidos todos los protocolos para su prevención. | |
| B1: Permanencia | 4 | La permanencia está en relación con la duración de la etapa de construcción, aunque habrá largos periodos en los que no se desarrollarían actividades constructivas de nuevas áreas. | |
| B2. Reversibilidad | 2 | | |
| B3. Acumulabilidad / sinergia | 2 | | |
| B4. Susceptibilidad | 2 | Se considera que el área es estable a este impacto tomando en cuenta que no existen muchas actividades que se desarrollen en el SAR que impliquen grandes riesgos para la población. | |
| Valor de la evaluación (ES) | -20 | Valor alfabético | -A (Impacto negativo ligero) |

| **IMPACTO AMBIENTAL 72: Incremento de la población económicamente activa externa que demanda bienes, servicios y empleo** | | |
|---|---|---|
| **Etapa** | Operación y mantenimiento | |
| **Factor ambiental impactado:** | Dinámica poblacional / Inmigración | |
| **Tipo de impacto:** | Adverso | |
| **Actividades causantes:** | • Actividades de barrenación.<br>• Barrenación y voladuras.<br>• Barrenación, voladuras y amacice.<br>• Anclaje.<br>• Disposición de material estéril (lodos y tepetate).<br>• Mantenimiento de instalaciones.<br>• Mantenimiento de equipos y maquinaria. | |
| **Descripción:** | El requerimiento de personal especializado y de mano de obra calificada, así como en un momento dado de mano de obra no calificada para el desempeño de actividades de exploración, explotación y proceso, implicaría la llegada de habitantes de otras regiones y estados.<br>Las actividades de explotación y proceso implicarían la contratación de personal especializado, ya sea de manera directa o indirecta, permanente o temporal.<br>Esta gran diversidad de mano de obra, y su demanda, podría no ser cubierta por los habitantes de las localidades inmersas dentro del SAR, lo que implicaría que algunos trabajadores inmigraran para trabajar temporalmente para el proyecto. | |
| **Descripción para evaluación RIAM modificado** | | |
| **Componente de evaluación (código)** | EO-10 | |
| **Criterio** | **Valor** | **Comentario** |
| A1: Importancia | 2 | Se espera que para cubrir la demanda de trabajadores especializados y mano de obra calificada se tenga que contratar mano de obra de otros municipios o estados del país, pero todos migrarían a sitios ubicados dentro del SAR, con más y mejores servicios y cercana al predio. |
| A2: Magnitud | -1 | No se considera que alcanzaría a valorarse como un cambio significativo mayor pensando que gran parte de la mano de obra no calificada y la |

| **IMPACTO AMBIENTAL 72: Incremento de la población económicamente activa externa que demanda bienes, servicios y empleo** | | | |
|---|---|---|---|
| | | mano de obra especializada podrían ubicarse en el campamento, en el área habitacional de la empresa y en las localidades aledañas a las unidades mineras. | |
| B1: Permanencia | 4 | Se define el valor de esta escala considerando que las actividades exploración y explotación implican más de un año, y esta escala implica un periodo del impacto superior a los 10 años. | |
| B2. Reversibilidad | 4 | | |
| B3. Acumulabilidad / sinergia | 2 | | |
| B4. Susceptibilidad | 3 | | |
| Valor de la evaluación (ES) | -26 | Valor alfabético | -A (Impacto negativo ligero) |

| **IMPACTO AMBIENTAL 73: Generación de ofertas de trabajo directos e indirectos** | |
|---|---|
| **Etapa** | Operación y mantenimiento |
| **Factor ambiental impactado:** | Calidad de vida / Generación de empleos |
| **Tipo de impacto:** | Benéfico |
| **Actividades causantes:** | • Instalación de cárcamos de agua.<br>• Actividades de barrenación.<br>• Clausura de barrenos.<br>• Barrenación y voladuras.<br>• Cargado y acarreo de materiales.<br>• Disposición de material estéril.<br>• Barrenación, voladuras y amacice.<br>• Rezague de mineral (Cargado y extracción).<br>• Anclaje.<br>• Relleno con material estéril.<br>• Trituración y cribado de mineral.<br>• Apilamiento mineral crudo.<br>• Secado, molido y envasado.<br>• Disposición de material estéril (lodos y tepetate).<br>• Operación de maquinaria, vehículos y equipos automotores.<br>• Mantenimiento de instalaciones.<br>• Mantenimiento de equipos y maquinaria.<br>• Mantenimiento de caminos de terracería. |
| **Descripción:** | La operación del proyecto demanda mano de obra calificada y no calificada, directa e indirecta, para la realización de las actividades de exploración y explotación minera.<br>El desarrollo del proyecto prioriza la contratación de mano de obra local, sin excluir y tratando por igual la mano de obra femenina. El personal que labora anualmente para la empresa ronda los 2,100 empleado, de los cuales aproximadamente el 70% son empleos permanentes y el 30% eventuales. |
| **Descripción para evaluación RIAM modificado** | |
| **Componente de evaluación (código)** | EO-11 |

| IMPACTO AMBIENTAL 73: Generación de ofertas de trabajo directos e indirectos | | | |
|---|---|---|---|
| **Criterio** | **Valor** | **Comentario** | |
| A1: Importancia | 3 | | |
| A2: Magnitud | 2 | | |
| B1: Permanencia | 4 | | |
| B2. Reversibilidad | 4 | | |
| B3. Acumulabilidad / sinergia | 2 | | |
| B4. Susceptibilidad | 3 | | |
| Valor de la evaluación (ES) | 78 | Valor alfabético | C (Impacto positivo significativo) |

| IMPACTO AMBIENTAL 74: Impulso a la economía local y regional por la derrama económica | | | |
|---|---|---|---|
| **Etapa** | Operación y mantenimiento | | |
| **Factor ambiental impactado:** | Calidad de vida / Derrama económica local y regional | | |
| **Tipo de impacto:** | Benéfico | | |
| **Actividades causantes:** | • Instalación de cárcamos de agua.<br>• Clausura de barrenos.<br>• Barrenación y voladuras.<br>• Barrenación, voladuras y amacice.<br>• Anclaje.<br>• Disposición de material estéril (lodos y tepetate).<br>• Mantenimiento de instalaciones.<br>• Mantenimiento de equipos y maquinaria. | | |
| **Descripción:** | El pago de salarios, la adquisición de materiales y sustancias, así como la demanda de servicios para la ejecución de las actividades operativas y de mantenimiento generarían una derrama económica muy significativa tanto a nivel local como a nivel regional. | | |
| **Descripción para evaluación RIAM modificado** | | | |
| **Componente de evaluación (código)** | EO-12 | | |
| **Criterio** | **Valor** | **Comentario** | |
| A1: Importancia | 3 | | |
| A2: Magnitud | 2 | | |
| B1: Permanencia | 4 | | |
| B2. Reversibilidad | 4 | | |
| B3. Acumulabilidad / sinergia | 2 | | |
| B4. Susceptibilidad | 3 | | |
| Valor de la evaluación (ES) | 78 | Valor alfabético | C (Impacto positivo significativo) |

| IMPACTO AMBIENTAL 75: Desarrollo regional comunitario directo por la actividad minera | |
|---|---|
| **Etapa** | Operación y mantenimiento |
| **Factor ambiental impactado:** | Calidad de vida / Servicios comunitarios |

| **IMPACTO AMBIENTAL 75: Desarrollo regional comunitario directo por la actividad minera** | | | |
|---|---|---|---|
| **Tipo de impacto:** | Benéfico | | |
| **Actividades causantes:** | • Mantenimiento de caminos.<br>• Obras y actividades en beneficio de la población y localidades aledañas al Distrito Minero. | | |
| **Descripción:** | Para el movimiento del personal, directo e indirecto de la empresa, y para el transporte de materiales, sustancias, equipos y herramientas, es importante rehabilitar, construir y mantener caminos de acceso y operación. Estos estarán a servicio de los pobladores de las localidades y rancherías inmersas dentro del SAR.<br>La Compañía Minera cuenta con un esquema de apoyo a las comunidades que tienen incidencia directa e indirecta con la operación del proyecto, esquema conformado por diversos programas sociales que aportan múltiples beneficios sociales en la región. Los programas desarrollados cumplen diversos objetivos, todos con un fuerte sentido social, tal y como se indica en la Tabla V.4. | | |
| **Descripción para evaluación RIAM modificado** | | | |
| **Componente de evaluación (código)** | EO-13 | | |
| **Criterio** | **Valor** | **Comentario** | |
| A1: Importancia | 2 | | |
| A2: Magnitud | 2 | | |
| B1: Permanencia | 4 | | |
| B2. Reversibilidad | 4 | | |
| B3. Acumulabilidad / sinergia | 2 | | |
| B4. Susceptibilidad | 3 | | |
| Valor de la evaluación (ES) | 52 | Valor alfabético | B (Impacto positivo moderado) |

| **IMPACTO AMBIENTAL 76: Pagos gubernamentales por los servicios demandados en diferentes dependencias** | |
|---|---|
| **Etapa** | Operación y mantenimiento |
| **Factor ambiental impactado:** | Recaudación / Pago por servicios gubernamentales |
| **Tipo de impacto:** | Benéfico |
| **Actividades causantes:** | • Demanda y consumo de agua del manto acuífero.<br>• Requerimiento de explosivos para voladuras.<br>• Manejo, transporte y disposición final de residuos.<br>• Aprovechamiento de minerales reservados a la federación. |
| **Descripción:** | Para poder hacer el aprovechamiento de productos demandados para el desarrollo del proyecto es necesario obtener las autorizaciones emitidas por los diferentes órdenes de gobierno, entre ellas los títulos de concesión para el aprovechamiento de aguas nacionales, el de descarga de aguas residuales a un bien nacional, manejo y uso de explosivos, autorización del plan de manejo integral de residuos, almacenamiento y uso de hidrocarburos, pago de impuestos por la explotación de minerales exclusivos de la federación, entre otros, trámites que representan ingresos para las arcas públicas. |
| **Descripción para evaluación RIAM modificado** | |
| **Componente de evaluación (código)** | EO-14 |

| IMPACTO AMBIENTAL 76: Pagos gubernamentales por los servicios demandados en diferentes dependencias | | | |
|---|---|---|---|
| **Criterio** | **Valor** | **Comentario** | |
| A1: Importancia | 3 | | |
| A2: Magnitud | 2 | | |
| B1: Permanencia | 4 | | |
| B2. Reversibilidad | 2 | | |
| B3. Acumulabilidad / sinergia | 3 | | |
| B4. Susceptibilidad | 2 | | |
| Valor de la evaluación (ES) | 66 | Valor alfabético | C (Impacto positivo significativo) |

| IMPACTO AMBIENTAL 77: Pago de impuestos a las diferentes dependencias por la actividad minera | | | |
|---|---|---|---|
| **Etapa** | Operación y mantenimiento | | |
| **Factor ambiental impactado:** | Recaudación / Pago de impuestos | | |
| **Tipo de impacto:** | Benéfico | | |
| **Actividades causantes:** | • Demanda y consumo de agua del manto acuífero.<br>• Requerimiento de explosivos para voladuras.<br>• Manejo, transporte y disposición final de residuos.<br>• Aprovechamientos de minerales reservados a la federación. | | |
| **Descripción:** | Una vez obtenidas las autorizaciones correspondientes de las diferentes autoridades, es necesario, en diversos casos, efectuar los pagos correspondes por el aprovechamiento del recurso demandado o servicio recibido, como es el aprovechamiento de agua de un bien nacional, la descarga de agua a un bien nacional, el suministro y consumo de energía y combustibles, el correspondiente por el aprovechamiento de minerales reservados a la federación, entre otros. | | |
| **Descripción para evaluación RIAM modificado** | | | |
| **Componente de evaluación (código)** | EO-15 | | |
| **Criterio** | **Valor** | **Comentario** | |
| A1: Importancia | 3 | | |
| A2: Magnitud | 3 | | |
| B1: Permanencia | 4 | | |
| B2. Reversibilidad | 2 | | |
| B3. Acumulabilidad / sinergia | 3 | | |
| B4. Susceptibilidad | 2 | | |
| Valor de la evaluación (ES) | 99 | Valor alfabético | C (Impacto positivo significativo) |

## V.3.4. Fichas descriptivas de impactos ambientales para la etapa de abandono

| IMPACTO AMBIENTAL 78: Cambio en la conformación topográfica natural del terreno y de patrones de sedimentación de sustratos | |
|---|---|
| **Etapa** | Abandono |
| **Factor ambiental impactado:** | Fisiografía / relieve |

| **IMPACTO AMBIENTAL 78: Cambio en la conformación topográfica natural del terreno y de patrones de sedimentación de sustratos** | | | |
|---|---|---|---|
| **Tipo de impacto:** | Benéfico | | |
| **Actividades causantes:** | • Restauración de sedimentadores, patios, tepetateras y áreas operativas.<br>• Relleno de tajo.<br>• Acondicionamiento de sitios y estabilización de taludes.<br>• Revegetación. | | |
| **Descripción:** | Para el cierre de los tajos se tiene considerado habilitarlos como cuerpos de agua para uso de la población. Pasar de una explotación a cielo abierto a explotación subterránea permite reducir su dimensión y la afectación a otros componentes ambientales terrestres, además de facilitar la restauración del área.<br>Las áreas de desplante de infraestructura habilitada para la operación de la mina serán niveladas, después de que hayan sido desmontadas las obras, para poder garantizar su restauración.<br>El área de las tepetateras y sitios de disposición de material estéril (lodos y tepetate) será restaurada para ayudar el proceso de estabilización e incorporarla al paisaje regional. | | |
| **Descripción para evaluación RIAM modificado** | | | |
| **Componente de evaluación (código)** | FQ-36 | | |
| **Criterio** | **Valor** | **Comentario** | |
| A1: Importancia | 1 | Es un impacto que tiene efecto a nivel local, el cual tendría lugar solo en las áreas de desplante de algunas áreas, excluyendo las áreas de conservación que no fueron impactadas. | |
| A2: Magnitud | 3 | El valor asignado de mejoramiento significativo está relacionado con el efecto de la mitigación al cambio del relieve ocasionado por el desarrollo del proyecto en una zona que se caracteriza por tener un relieve que va de moderado a alto. | |
| B1: Permanencia | 4 | | |
| B2. Reversibilidad | 4 | | |
| B3. Acumulabilidad / sinergia | 2 | No existe evidencia de la implementación de este tipo de acciones en el SAR. | |
| B4. Susceptibilidad | 4 | | |
| Valor de la evaluación (ES) | 42 | Valor alfabético | B (Impacto positivo moderado) |

| **IMPACTO AMBIENTAL 79: Alteración de la estabilidad geomorfológica del terreno** | |
|---|---|
| **Etapa** | Abandono |
| **Factor ambiental impactado:** | Fisiografía / Estabilidad geomorfológica |
| **Tipo de impacto:** | Benéfico |
| **Actividades causantes:** | • Sellado de minas subterráneas.<br>• Relleno y estabilización de taludes del tajo y tepetateras y disposición de material estéril.<br>• Restauración de sedimentadores, patios, tepetateras y áreas operativas. |
| **Descripción:** | El relleno y sellado de las áreas de explotación en la mina subterránea ayuda a fortalecer las áreas potencialmente debilitadas por efectos de las explosiones |

| IMPACTO AMBIENTAL 79: Alteración de la estabilidad geomorfológica del terreno | | | |
|---|---|---|---|
| | llevadas a cabo en el minado del material a explotar. Y, por otro lado, la restauración de los tajos viene a mitigar el debilitamiento que se haya ocasionado en su formación por las perforaciones y voladuras realizadas. Además, las actividades de estabilización en las tepetateras y sitios de disposición de material estéril ayudan a mantener la conformación dada a estas formaciones dentro del predio. | | |
| **Descripción para evaluación RIAM modificado** | | | |
| **Componente de evaluación (código)** | FQ-37 | | |
| **Criterio** | **Valor** | **Comentario** | |
| A1: Importancia | 1 | El efecto es muy puntual, enfocado a las áreas de explotación. | |
| A2: Magnitud | 3 | Representa ser un mejoramiento del estado del sitio al momento de realizar la rehabilitación, después de haber terminado la explotación mineral. | |
| B1: Permanencia | 4 | | |
| B2. Reversibilidad | 4 | | |
| B3. Acumulabilidad / sinergia | 2 | No existe evidencia de la implementación de este tipo de acciones en el SAR. | |
| B4. Susceptibilidad | 4 | | |
| Valor de la evaluación (ES) | 42 | Valor alfabético | B (Impacto positivo moderado) |

| IMPACTO AMBIENTAL 80: Conformación de horizontes del suelo en áreas del desplante | | | |
|---|---|---|---|
| **Etapa** | Abandono | | |
| **Factor ambiental impactado:** | Suelo / pérdida de suelo | | |
| **Tipo de impacto:** | Adverso | | |
| **Actividades causantes:** | • Descompactación mecánica de suelo (A).<br>• Acondicionamiento de sitios y estabilización de taludes (B).<br>• Revegetación (B). | | |
| **Descripción:** | Las actividades de restauración de áreas afectadas implican su reforestación. Para que esta sea exitosa, primero se tiene que acondicionar el suelo de los sitios afectados a restaurar. El acondicionamiento implica limpiar las áreas de los residuos dispersos, descompactar las áreas, extender una capa superior a los 10 cm de suelo orgánico rescatado o composta, reforestar el sitio, entre otras actividades. La cobertura vegetal por establecer mitiga la pérdida del suelo dispuesto como parte de la restauración. | | |
| **Descripción para evaluación RIAM modificado** | | | |
| **Componente de evaluación (código)** | FQ-38 | | |
| **Criterio** | **Valor** | **Comentario** | |
| A1: Importancia | 1 | Es un impacto que tiene efecto a nivel local, sin esperar impactar en todo el SAR definido para el desarrollo del proyecto. Este tendría lugar solo en las áreas de desplante de las obras del proyecto. | |
| A2: Magnitud | -1 | | |
| B1: Permanencia | 4 | | |
| B2. Reversibilidad | 2 | | |

| IMPACTO AMBIENTAL 80: Conformación de horizontes del suelo en áreas del desplante | | | |
|---|---|---|---|
| B3. Acumulabilidad / sinergia | 2 | No existe evidencia de la implementación de este tipo de acciones en el SAR. | |
| B4. Susceptibilidad | 3 | | |
| Valor de la evaluación (ES) | -11 | Valor alfabético | -A (Impacto negativo ligero) |

| IMPACTO AMBIENTAL 81: Afectación de las propiedades físicas del suelo (Permeabilidad) | | | |
|---|---|---|---|
| **Etapa** | Abandono | | |
| **Factor ambiental impactado:** | Suelo / Afectación de las propiedades físicas | | |
| **Tipo de impacto:** | Benéfico | | |
| **Actividades causantes:** | • Descompactación mecánica de suelo.<br>• Acondicionamiento de sitios y estabilización de taludes.<br>• Revegetación. | | |
| **Descripción:** | El movimiento de vehículos y maquinaria para el movimiento de personal y actividades mineras ocasionarían alteraciones en la estructura de los horizontes superficiales del suelo, como en su densidad aparente, porosidad y permeabilidad en las áreas de afectación. Para revertir el efecto negativo ocasionado a esta propiedad del suelo, se realizará una descompactación mecánica del suelo, lo que puede implicar paso de ripper y arado de cinceles, entre otras actividades, para descompactar las áreas alteradas. Además de lo antes mencionado, la adición de una capa de suelo orgánico y/o composta acelera la recuperación de las propiedades físicas del suelo, el que de manera natural es un proceso muy lento. | | |
| **Descripción para evaluación RIAM modificado** | | | |
| **Componente de evaluación (código)** | FQ-39 | | |
| **Criterio** | **Valor** | **Comentario** | |
| A1: Importancia | 1 | El área de afectación estaría muy limitada solo a las áreas de rodamiento de los vehículos que se utilicen para el movimiento de los residuos y material rescatado y de la maquinaria que se emplee para llevar a cabo las actividades mineras y de construcción de obras de apoyo. | |
| A2: Magnitud | 2 | | |
| B1: Permanencia | 4 | Las áreas que se verían afectadas y que no vayan a ser usadas en desplante de obras pueden recuperar las propiedades físicas alteradas una vez que las actividades que lo ocasionen paren. La recuperación de las propiedades puede ser de manera natural o mediante la implementación de medidas propias para ello. De manera natural la recuperación de las propiedades físicas del suelo suele ser un proceso lento, pero que se puede dar, siendo más rápido la implementación de medidas ambientales como las descritas en esta ficha técnica. | |
| B2. Reversibilidad | 4 | | |
| B3. Acumulabilidad / sinergia | 2 | No existe evidencia de la implementación de este tipo de acciones en el SAR. | |
| B4. Susceptibilidad | 3 | Al ser principalmente suelos Leptosoles y Luvisoles, los que se caracterizan por tener un perfil poco profundo, los hace susceptibles a este tipo de alteraciones. | |
| Valor de la evaluación (ES) | 26 | Valor alfabético | A (Impacto positivo ligero) |

| **IMPACTO AMBIENTAL 82: Cambio de las propiedades químicas y biológicas del suelo** | | | |
|---|---|---|---|
| **Etapa** | Abandono | | |
| **Factor ambiental impactado:** | Suelo / Contaminación por residuos | | |
| **Tipo de impacto:** | Adverso | | |
| **Actividades causantes:** | • Desmantelamiento de obras.<br>• Retiro de cimentaciones.<br>• Sellado de mina subterránea.<br>• Remoción de cercas.<br>• Retiro de residuos (B).<br>• Restauración de áreas contaminadas (B). | | |
| **Descripción:** | La degradación química del suelo está dada por diversas causas, como la pérdida de nutrientes y materia orgánica, salinización, acidificación y la contaminación. En este caso, la degradación química está dada por la dispersión de residuos sólidos en diversas áreas del predio. El mal manejo en su recolección, almacenaje temporal y transporte podría ocasionar que se dispersen y se conviertan en un problema de contaminación ambiental y, por lo tanto, en alteración de las propiedades químicas del suelo de acuerdo con lo mencionado por Oldeman *et al.* (1991).<br>Como parte de las actividades de desmantelamiento de la infraestructura instalada se generarían grandes volúmenes de residuos de manejo especial, principalmente, sin descartar los residuos sólidos urbanos y peligrosos, en volúmenes menores. Durante el desmantelamiento existe el riesgo de dispersión de los residuos generados hacia sitios aledaños, así como de derrames de sustancias químicas sobrantes de los procesos de refinación.<br>Para evitar o mitigar esta afectación ambiental existen medidas ambientales eficientes, las cuales se pondrán en práctica como se indica en el siguiente capítulo de esta MIA-R, mismos que en la matriz de identificación de impactos están indicadas como impactos benéficos para este componente. | | |
| **Descripción para evaluación RIAM modificado** | | | |
| **Componente de evaluación (código)** | FQ-40 | | |
| **Criterio** | **Valor** | **Comentario** | |
| A1: Importancia | 1 | Su baja importancia se debe a que tiene efecto solo a nivel local, a nivel del área del proyecto, sin salirse de sus límites. | |
| A2: Magnitud | -2 | | |
| B1: Permanencia | 4 | Se valora como permanente por el periodo que implica la etapa de abandono, sin embargo, se trata de un impacto que una vez que se genera un incidente existen medidas ambientales eficientes y rápidas de implementar. | |
| B2. Reversibilidad | 2 | Es un impacto que es fácilmente reversible y con medidas ambientales eficientes para detener la afectación. | |
| B3. Acumulabilidad / sinergia | 3 | | |
| B4. Susceptibilidad | 3 | | |
| Valor de la evaluación (ES) | -24 | Valor alfabético | -A (Impacto negativo ligero) |

| **IMPACTO AMBIENTAL 83: Alteración de la concentración de partículas sólidas y gases en el aire** | |
|---|---|
| **Etapa** | Abandono |

| **IMPACTO AMBIENTAL 83: Alteración de la concentración de partículas sólidas y gases en el aire** | | |
|---|---|---|
| **Factor ambiental impactado:** | Aire / Calidad | |
| **Tipo de impacto:** | Adverso | |
| **Actividades causantes:** | • Retiro de cimentaciones.<br>• Retiro de residuos.<br>• Descompactación mecánica del suelo.<br>• Revegetación (B). | |
| **Descripción:** | La calidad del aire en esta etapa se puede ver comprometida, tanto de manera negativa como positivamente, en esta ficha se le da más relevancia al impacto adverso porque los impactos adversos son los que requieren mayor análisis y establecimiento de medidas para reducir su efecto.<br>Este impacto negativo puede generarse por la suspensión de partículas sólidas por el movimiento del suelo durante la descompactación, retiro de residuos y acarreo de insumos demandados para la rehabilitación de las áreas afectadas, así como por las emisiones al ambiente de los automotores. No obstante que existen medidas ambientales eficientes y de fácil implementación.<br>El efecto benéfico, el más relevante por la duración de su efecto, está dado porque, una vez culminadas las actividades de explotación se disminuye significativamente el movimiento de maquinaria, vehículos y equipos automotores, así como de las actividades mineras emisoras de contaminantes al ambiente. Y, en segundo lugar, se llevará a cabo la revegetación de los sitios afectados por el desarrollo del proyecto, actividad que mitiga la afectación a la calidad del aire una vez culmine la restauración. | |
| **Descripción para evaluación RIAM modificado** | | |
| **Componente de evaluación (código)** | FQ-41 | |
| **Criterio** | **Valor** | **Comentario** |
| A1: Importancia | 2 | Tomando en cuenta que el movimiento de vehículos automotores se daría en la mayor parte de las unidades mineras y fuera de estas para el movimiento de personal y acarreo de materiales e insumos, y no solo operarían a nivel de las unidades, esto determina que su importancia va más allá de lo puntual. |
| A2: Magnitud | -1 | El valor se determinó considerando la cantidad de vehículos automotores que se requerirían, modelos, mantenimiento que tendrían y tiempos de operación. |
| B1: Permanencia | 4 | El impacto en sí para al momento de apagar la fuente generadora o parar la actividad del problema. No obstante, al considerarse que las actividades de desmantelamiento de obras de infraestructura más las de restauración se distribuye por no más de 10 años, implicando la emisión de gases y suspensión de partículas de polvo, se considera como un impacto temporal a medio término, tomando como base el tiempo definido en el criterio de evaluación del impacto. |
| B2. Reversibilidad | 2 | Dadas las condiciones de la región, principalmente rural, y las fuentes generadoras del impacto y el impacto ambiental mismo, se considera totalmente reversible en el corto plazo. |
| B3. Acumulabilidad / sinergia | 3 | En el sistema ambiental se tiene actividad de vehículos y maquinaria trabajando directa e indirectamente con la unidad minera, los cuales circulan por la carretera federal 105 Pachuca – Huejutla – Tempoal de Sánchez, la carretera Hidalgo Otongo – Santa Ana de Allende, así como |

| IMPACTO AMBIENTAL 83: Alteración de la concentración de partículas sólidas y gases en el aire | | | |
|---|---|---|---|
| | | en caminos secundarios, tanto de terracería como pavimentados, construidos dentro del SAR y áreas de influencia del proyecto, por lo que, se trata de un impacto ambiental acumulativo, pero incierto por la interacción que pueda darse entre las actividades del proyecto con la operación de los automotores que circulan en la región. | |
| B4. Susceptibilidad | 2 | Se trata de un ambiente estable porque no se trata de una región que tenga registro de problemas de contaminación de este tipo, no existen grandes fuentes emisoras de contaminantes y no hay ecosistemas críticos que se vean impactados. | |
| Valor de la evaluación (ES) | -22 | Valor alfabético | -A (Impacto negativo ligero) |

| IMPACTO AMBIENTAL 84: Generación de ondas acústicas fuertes, no deseadas y desagradables para el sentido | | |
|---|---|---|
| **Etapa** | Abandono | |
| **Factor ambiental impactado:** | Aire / Confort sonoro | |
| **Tipo de impacto:** | Adverso | |
| **Actividades causantes:** | • Desmantelamiento de obras.<br>• Retiro de cimentaciones.<br>• Retiro de residuos.<br>• Descompactación mecánica de suelo.<br>• Revegetación (B). | |
| **Descripción:** | La calidad del aire en esta etapa se puede ver comprometida tanto de manera negativa como positivamente, en esta ficha se le da más relevancia al impacto adverso porque los impactos adversos son los que requieren mayor análisis. Este impacto negativo puede generarse por las emisiones sonoros altas provenientes de la operación de los automotores usados para la descompactación, retiro de residuos y acarreo de insumos demandados para la rehabilitación de las áreas afectadas, así como por las emisiones al ambiente de los automotores. No obstante que existen medidas ambientales eficientes y de fácil implementación.<br>La maquinaria requerida para las actividades de abandono emite un nivel de ruido superior a los 68 dB(A), considerado como el nivel máximo permitido para evitar alteraciones en zonas industriales y comerciales, de acuerdo con lo establecido en el acuerdo que modifica el numeral 5.4 de la NOM-081-SEMARNAT-1994. Entre estos tenemos: grúa con ruedas de goma 78 – 90 dB(A) y tractor de pala mecánica 97 – 107 dB(A).<br>El efecto benéfico, el más relevante por la duración de su efecto, está dado porque, una vez culminadas las actividades de explotación se disminuye significativamente el movimiento de maquinaria, vehículos y equipos automotores, así como de las actividades mineras emisoras de contaminantes al ambiente. Y, en segundo lugar, se llevará a cabo la revegetación de los sitios afectados por el desarrollo del proyecto, lo mitiga la afectación a la calidad del aire una vez culmine la restauración. | |
| **Descripción para evaluación RIAM modificado** | | |
| **Componente de evaluación (código)** | FQ-42 | |
| **Criterio** | **Valor** | **Comentario** |
| A1: Importancia | 2 | Tomando en cuenta que el movimiento de la maquinaria se daría mayoritariamente en el área de las unidades mineras del proyecto y |

| IMPACTO AMBIENTAL 84: Generación de ondas acústicas fuertes, no deseadas y desagradables para el sentido | | | |
|---|---|---|---|
| | | áreas aledañas al distrito minero, sin llegar a impactar a nivel de toda el área de los municipios involucrados en el SAR. | |
| A2: Magnitud | -1 | Se valora como un impacto negativo por las emisiones de ondas acústicas a la atmósfera, sin llegar a ser significativo porque solo se espera la operación de poca maquinaria en áreas abiertas, eventualmente, algunas herramientas, lo que no implicaría un incremento continuo de éstas en el ambiente. | |
| B1: Permanencia | 4 | El impacto en sí para al momento de apagar la fuente generadora del problema, no obstante, al considerarse que las actividades de desmantelamiento de obras de infraestructura más las de restauración se distribuye por no más de 10 años, implicando la generación de ruido, se considera como un impacto temporal a medio término, tomando como base el tiempo definido en el criterio de evaluación del impacto. | |
| B2. Reversibilidad | 2 | Se considera un impacto totalmente reversible, el cual se deja de presentar al momento que la fuente que lo ocasiona deja de actuar. | |
| B3. Acumulabilidad / sinergia | 3 | En el sistema ambiental se tiene actividad de vehículos pesados y ligeros En el sistema ambiental se tiene actividad de vehículos y maquinaria trabajando directa e indirectamente con la unidad minera, los cuales circulan por la carretera federal 105 Pachuca – Huejutla – Tempoal de Sánchez, la carretera Hidalgo Otongo – Santa Ana de Allende, así como en caminos secundarios, tanto de terracería como pavimentados, construidos dentro del SAR y áreas de influencia del proyecto, por lo que, se trata de un impacto ambiental acumulativo, pero incierto por la interacción que pueda darse entre las actividades del proyecto con la operación de los automotores que circulan en la región. | |
| B4. Susceptibilidad | 2 | Se trata de un ambiente estable porque no se trata de una región que tenga registro de problemas de contaminación de este tipo, no existen grandes fuentes emisoras de ruido, más allá de la carretera 105, y no hay ecosistemas críticos que se vean impactados. | |
| Valor de la evaluación (ES) | -22 | Valor alfabético | -A (Impacto negativo ligero) |

| IMPACTO AMBIENTAL 85: Cambio en el comportamiento de factores climáticos | |
|---|---|
| **Etapa** | Abandono |
| **Factor ambiental impactado:** | Aire / Microclima |
| **Tipo de impacto:** | Benéfico |
| **Actividades causantes:** | • Revegetación. |
| **Descripción:** | El cambio adverso de algunos factores del clima identificados en la etapa de preparación del sitio a consecuencia del deshierbe y desmonte y el despalme y la nivelación, la construcción de la infraestructura del proyecto y la explotación de los tajos y conformación de tepetateras tenderán a revertirse por las actividades de la restauración de los sitios de desplante de obras y actividades del proyecto. El mayor efecto se tiene con la revegetación de las áreas afectadas, aunque para ello primero hay que acondicionarlas, implicando la descompactación, estabilización y tendido de una capa de suelo fértil para garantizar el desarrollo de los ejemplares plantados. |
| **Descripción para evaluación RIAM modificado** | |
| **Componente de evaluación (código)** | FQ-43 |

| IMPACTO AMBIENTAL 85: Cambio en el comportamiento de factores climáticos | | | |
|---|---|---|---|
| **Criterio** | **Valor** | **Comentario** | |
| A1: Importancia | 1 | Tomando en cuenta que las medidas de restauración se enfocan a revertir los impactos ambientales adversos de los sitios afectados, el impacto tiene efecto a nivel local. | |
| A2: Magnitud | 2 | Se considerada que las medidas implementadas implican un mejoramiento del estado previo a la implementación de las medidas, sin embargo, tomando en cuenta el nivel de la afectación que se ocasionaría en el medio ambiente, no se espera que se llegue a tener una mejora significativa. | |
| B1: Permanencia | 4 | | |
| B2. Reversibilidad | 4 | | |
| B3. Acumulabilidad / sinergia | 2 | | |
| B4. Susceptibilidad | 3 | | |
| Valor de la evaluación (ES) | 26 | Valor alfabético | A (Impacto positivo ligero) |

| IMPACTO AMBIENTAL 86: Aprovechamiento del volumen de agua superficial autorizada para su aprovechamiento | | | |
|---|---|---|---|
| **Etapa** | Abandono | | |
| **Factor ambiental impactado:** | Agua / Disponibilidad | | |
| **Tipo de impacto:** | Benéfico | | |
| **Actividades causantes:** | • Relleno de tajo.<br>• Culminación de actividades mineras. | | |
| **Descripción:** | La culminación de la explotación mineral reduce el consumo de agua por el proyecto a gastos mínimos, requiriéndose únicamente para el consumo del personal que daría activo para las actividades de cierre de operaciones y restauración de áreas y aplicaciones de riego en áreas a reforestar.<br>Los tajos se convertirían en lagos artificiales, los cuales se llenaría con agua pluvial a través del tiempo, lo que puede funcionar como un área de almacenamiento de agua. | | |
| **Descripción para evaluación RIAM modificado** | | | |
| **Componente de evaluación (código)** | FQ-44 | | |
| **Criterio** | **Valor** | **Comentario** | |
| A1: Importancia | 2 | | |
| A2: Magnitud | 2 | Tomando en cuenta la demanda de agua, el tiempo de duración de la etapa y la disponibilidad media anual de agua del acuífero, se consideró que el impacto tendría una magnitud a nivel de cambio positivo del estado actual. | |
| B1: Permanencia | 4 | La demanda de agua para el proyecto en esta etapa del proyecto va reduciéndose paulatinamente hasta llegar el momento en que su consumo para totalmente, lo que coincide con el cierre definitivo del proyecto. | |
| B2. Reversibilidad | 2 | El agua es un recurso esencial para los procesos constructivos y para el desarrollo de diversas actividades, así que su demanda en el proyecto iniciará en la construcción y termina al finalizar la etapa de abandono sin la posibilidad de reactivación de la demanda del recurso para estos fines. | |
| B3. Acumulabilidad / sinergia | 2 | No existe evidencia de la implementación de este tipo de acciones en el SAR. | |
| B4. Susceptibilidad | 3 | | |

| IMPACTO AMBIENTAL 86: Aprovechamiento del volumen de agua superficial autorizada para su aprovechamiento | | | |
|---|---|---|---|
| Valor de la evaluación (ES) | 44 | Valor alfabético | B (Impacto positivo moderado) |

| IMPACTO AMBIENTAL 87: Alteración de la composición física, química y/o bacteriológica en el agua superficial | | | |
|---|---|---|---|
| **Etapa** | Abandono | | |
| **Factor ambiental impactado:** | Agua / Calidad | | |
| **Tipo de impacto:** | Benéfico | | |
| **Actividades causantes:** | • Relleno de tajo.<br>• Retiro de residuos.<br>• Restauración de áreas contaminadas. | | |
| **Descripción:** | Con la culminación de las actividades de explotación minera, las aguas residuales provenientes de sanitarios, servicio de cafetería, así como del servicio de limpieza y mantenimiento de las instalaciones, contaminadas con productos orgánicos de las cocinas, detergentes y materia orgánica de los sanitarios, principalmente, dejarían de generarse, tratarse y descargarse en bienes nacionales, lo que impactaría benéficamente el medio ambiente. Entre estas aguas se encuentran también las aguas bombeadas de los tajos y de las obras subterráneas, las cuales llegan a presentar sedimentos arrastrados por las actividades mineras que se llevan a cabo. | | |
| **Descripción para evaluación RIAM modificado** | | | |
| **Componente de evaluación (código)** | FQ-45 | | |
| **Criterio** | **Valor** | **Comentario** | |
| A1: Importancia | 2 | Las acciones y mitigación se llevan a cabo a nivel local, dado que se trata de cuerpos de agua superficiales que lo que se haga puntualmente repercute a aguas abajo, se considera que se trata de un impacto que tiene efecto a nivel regional. | |
| A2: Magnitud | 2 | | |
| B1: Permanencia | 4 | | |
| B2. Reversibilidad | 2 | | |
| B3. Acumulabilidad / sinergia | 2 | | |
| B4. Susceptibilidad | 3 | Este valor está determinado por las fuentes de contaminación y nivel de contaminación actual de los cuerpos de agua superficiales de la región, las cuales se consideran poco abundantes. | |
| Valor de la evaluación (ES) | 44 | Valor alfabético | B (Impacto positivo moderado) |

| IMPACTO AMBIENTAL 88: Alteración de la composición física, química y/o bacteriológica en el agua subterránea | |
|---|---|
| **Etapa** | Abandono |
| **Factor ambiental impactado:** | Agua / Calidad del agua |
| **Tipo de impacto:** | Benéfico |
| **Actividades causantes:** | • Sellado de mina subterránea.<br>• Retiro de residuos.<br>• Restauración de áreas contaminadas.<br>• Restauración de sedimentadores, patios, tepetateras y áreas operativas. |

| **IMPACTO AMBIENTAL 88: Alteración de la composición física, química y/o bacteriológica en el agua subterránea** | | | |
|---|---|---|---|
| **Descripción:** | Con la culminación del aprovechamiento mineral subterráneo se paran las actividades en áreas cercanas y en comunicación con el manto acuífero, pero el sellado de las minas es lo que evita el posible efecto de contaminación del cuerpo de agua. Por otro lado, el paro de actividades también reduce la generación de aguas residuales y el riesgo de que por estas se llegue a contaminar el manto acuífero durante las descargas. | | |
| **Descripción para evaluación RIAM modificado** | | | |
| **Componente de evaluación (código)** | FQ-46 | | |
| **Criterio** | **Valor** | **Comentario** | |
| A1: Importancia | 2 | Si bien las acciones que ayudan a mitigar el impacto ocasionado a este componente son puntuales, se puede manifestar a nivel local, como parte de una región, considerando el movimiento que tienen las corrientes del manto acuífero, lo que favorece la dispersión de los contaminantes dispersos. | |
| A2: Magnitud | 2 | | |
| B1: Permanencia | 4 | | |
| B2. Reversibilidad | 2 | | |
| B3. Acumulabilidad / sinergia | 2 | | |
| B4. Susceptibilidad | 2 | Este valor está determinado por las fuentes de contaminación y nivel de contaminación actual del manto acuífero en la región, las cuales se consideran poco abundantes. | |
| Valor de la evaluación (ES) | 40 | Valor alfabético | B (Impacto positivo moderado) |

| **IMPACTO AMBIENTAL 89: Cambio en los flujos y movimientos de agua superficiales temporales** | | | |
|---|---|---|---|
| **Etapa** | Abandono | | |
| **Factor ambiental impactado:** | Agua / Modificación del flujo superficial | | |
| **Tipo de impacto:** | Benéfico | | |
| **Actividades causantes:** | • Descompactación mecánica del suelo.<br>• Acondicionamiento de sitios y estabilización de taludes.<br>• Revegetación. | | |
| **Descripción:** | El desmantelamiento de las obras, la descompactación de las áreas afectadas y la revegetación favorecen el proceso de retención de agua e infiltración hacia el manto freático, lo que ayuda a disminuir la escorrentía y a recargar los acuíferos sobre los que se ubica el Distrito Minero. Adicionalmente, hay que mencionar que las obras de drenaje instaladas como parte de la construcción del proyecto para mitigar el impacto negativo al flujo superficial de la escorrentía, se mantendrían en los lugares donde se instalaron en el caso que sean necesarias para seguir cumpliendo con la función para la cual fueron construidas. | | |
| **Descripción para evaluación RIAM modificado** | | | |
| **Componente de evaluación (código)** | FQ-47 | | |
| **Criterio** | **Valor** | **Comentario** | |
| A1: Importancia | 1 | Si bien las acciones que ayudan a mitigar el impacto ocasionado a este componente son puntuales, se puede manifestar a nivel local, como parte de una región, considerando el movimiento de las corrientes de los | |

| IMPACTO AMBIENTAL 89: Cambio en los flujos y movimientos de agua superficiales temporales | | | |
|---|---|---|---|
| | | cuerpos de agua, tanto temporales como permanentes, lo que favorece la dispersión de los contaminantes dispersos. | |
| A2: Magnitud | 2 | Es un impacto que implica un cambio significativo del estado actual dado el área involucrada, pero que no llega a ser mayor significativo por generarse más allá del predio, no hay bloqueo definitivo del flujo y puede ser fácilmente mitigado. | |
| B1: Permanencia | 4 | | |
| B2. Reversibilidad | 4 | | |
| B3. Acumulabilidad / sinergia | 2 | | |
| B4. Susceptibilidad | 4 | La condición orográfica en la unidad minera y SAR le da un carácter relevante al proceso del flujo y movimiento del agua superficial. | |
| Valor de la evaluación (ES) | 28 | Valor alfabético | A (Impacto positivo ligero) |

| IMPACTO AMBIENTAL 90: Alteración del proceso de infiltración de agua al manto freático | | |
|---|---|---|
| **Etapa** | Abandono | |
| **Factor ambiental impactado:** | Agua / Recarga del manto freático | |
| **Tipo de impacto:** | Benéfico | |
| **Actividades causantes:** | • Desmantelamiento de obras.<br>• Descompactación mecánica del suelo.<br>• Restauración de sedimentadores, patios, tepetateras y áreas operativas.<br>• Revegetación. | |
| **Descripción:** | La restauración de las áreas afectadas, lo cual incluye el retiro de infraestructura, descompactación de áreas en las que se efectuó la alteración de las propiedades físicas, tendido de suelo orgánico para preparar la cama de siembra y la reforestación de sitios impactados favorecen el proceso de recarga del manto freático. | |
| **Descripción para evaluación RIAM modificado** | | |
| **Componente de evaluación (código)** | FQ-48 | |
| **Criterio** | **Valor** | **Comentario** |
| A1: Importancia | 1 | Es un impacto que tiene lugar muy puntual, exclusivamente en las áreas de desplante de obras y de ejecución de actividades del proyecto, sin tener repercusión directa más allá de las áreas de intervención del proyecto. |
| A2: Magnitud | 2 | Se considera un impacto que mejoraría el estado prevaleciente de las unidades mineras que favorecería la recarga del manto freático, a pesar de que estos se encuentran con disponibilidad de agua para aprovechamiento. |
| B1: Permanencia | 4 | |
| B2. Reversibilidad | 4 | |
| B3. Acumulabilidad / sinergia | 2 | No existe evidencia de la implementación de este tipo de acciones en el SAR. |
| B4. Susceptibilidad | 2 | El valor de la escala se asignó considerando la disponibilidad media anual de agua subterránea del acuífero que se reporta para los acuíferos donde |

| IMPACTO AMBIENTAL 90: Alteración del proceso de infiltración de agua al manto freático | | | |
|---|---|---|---|
| | | se ubica el Distrito Minera, para los cuales se reporta que cuentan con volumen disponible para su aprovechamiento. | |
| Valor de la evaluación (ES) | 24 | Valor alfabético | A (Impacto positivo ligero) |

| IMPACTO AMBIENTAL 91: Cambio en la abundancia de individuos de especies de flora silvestre | | | |
|---|---|---|---|
| **Etapa** | Abandono | | |
| **Factor ambiental impactado:** | Flora silvestre / Abundancia | | |
| **Tipo de impacto:** | Benéfico | | |
| **Actividades causantes:** | • Descompactación mecánica del suelo.<br>• Acondicionamiento de sitios y estabilización de taludes.<br>• Revegetación. | | |
| **Descripción:** | Como parte de las actividades a realizar en la etapa de abandono para restaurar las condiciones ambientales de las áreas impactadas, se tiene considerado efectuar la revegetación con individuos de especies de flora silvestre nativas, manteniendo la diversidad de especies vegetales en el SAR, pero incrementando la abundancia. Esta actividad está fuertemente ligada con las actividades de descompactación y conformación de la cama de siembra para que se tenga un buen establecimiento, sobrevivencia y desarrollo de ejemplares plantados. | | |
| **Descripción para evaluación RIAM modificado** | | | |
| **Componente de evaluación (código)** | BE-14 | | |
| **Criterio** | **Valor** | **Comentario** | |
| A1: Importancia | 1 | Al ser una acción que se realiza puntualmente en las áreas que sirvieron para el desplante e instalación de infraestructura, su efecto no va allá de tener un efecto local. | |
| A2: Magnitud | 3 | Al tratarse de áreas que para hacerlas funcionales y cumplan con los objetivos para los cuales fueron diseñadas y construidas tuvieron que ser cambiadas sus características ambientales completamente, de manera puntual, por lo que, al someterse a un programa de restauración que incluye la revegetación del sitio se tiene un mejoramiento significativo del estado que se adquiera con la construcción de la infraestructura y el desarrollo de las actividades mineras. | |
| B1: Permanencia | 4 | | |
| B2. Reversibilidad | 4 | | |
| B3. Acumulabilidad / sinergia | 2 | No existe evidencia de la implementación de este tipo de acciones en el SAR. | |
| B4. Susceptibilidad | 3 | El grado de susceptibilidad ambiental del área está dada por el tipo de vegetación, su estado de conservación y la importancia de la cobertura de vegetación en el SAR tomando en cuenta los diferentes usos de suelo. | |
| Valor de la evaluación (ES) | 39 | Valor alfabético | B (Impacto positivo moderado) |

| IMPACTO AMBIENTAL 92: Modificación de la superficie y distribución de la cobertura y tipo de vegetación | |
|---|---|
| **Etapa** | Abandono |
| **Factor ambiental impactado:** | Flora silvestre / cobertura vegetal del suelo |

| **IMPACTO AMBIENTAL 92: Modificación de la superficie y distribución de la cobertura y tipo de vegetación** | | | |
|---|---|---|---|
| **Tipo de impacto:** | Benéfico | | |
| **Actividades causantes:** | • Descompactación mecánica del suelo.<br>• Acondicionamiento de sitios y estabilización de taludes.<br>• Revegetación. | | |
| **Descripción:** | Como parte de las actividades a realizar en la etapa de abandono para restaurar las condiciones ambientales de las áreas impactadas, se plantea efectuar la reforestación de áreas afectadas con especies de flora silvestre. Se espera que esta variable vaya cambiando a través del tiempo después de finalizadas las actividades mineras, una vez que se tenga bien establecida la reforestación y se empiece a dar el crecimiento tanto de la altura como de la copa de los individuos plantados. | | |
| **Descripción para evaluación RIAM modificado** | | | |
| **Componente de evaluación (código)** | BE-15 | | |
| **Criterio** | **Valor** | **Comentario** | |
| A1: Importancia | 1 | Al ser una acción que se realiza puntualmente en las áreas que sirvieron para el desplante e instalación de infraestructura, su efecto no va allá de tener un efecto local. | |
| A2: Magnitud | 3 | Al tratarse de áreas que para hacerlas funcionales y cumplan con los objetivos para los cuales fueron diseñadas y construidas tuvieron que ser cambiadas sus características ambientales completamente, de manera puntual, por lo que, al someterse a un programa de restauración que incluye la revegetación del sitio se tiene un mejoramiento significativo del estado que se adquiere con la construcción de la infraestructura y la realización de actividades mineras. | |
| B1: Permanencia | 4 | | |
| B2. Reversibilidad | 4 | | |
| B3. Acumulabilidad / sinergia | 2 | No existe evidencia de la implementación de este tipo de acciones en el SAR. | |
| B4. Susceptibilidad | 3 | El grado de susceptibilidad ambiental del área está dada por el tipo de vegetación, su estado de conservación y la importancia de la cobertura de vegetación en el SAR tomando en cuenta los diferentes usos de suelo. | |
| Valor de la evaluación (ES) | 39 | Valor alfabético | B (Impacto positivo moderado) |

| **IMPACTO AMBIENTAL 93: Conservación de ejemplares de flora silvestre de especies en categoría de riesgo** | |
|---|---|
| **Etapa** | Abandono |
| **Factor ambiental impactado:** | Flora silvestre / Especies en riesgo |
| **Tipo de impacto:** | Benéfico |
| **Actividades causantes:** | • Descompactación mecánica del suelo.<br>• Acondicionamiento de sitios y estabilización de taludes.<br>• Revegetación. |
| **Descripción:** | Como parte de las actividades de restauración, se realizará la revegetación de las áreas que se sometieron a cambio de uso de suelo. Para ello se utilizarán individuos de especies de flora silvestre que conforman las comunidades vegetales afectadas, incluyendo ejemplares de especies que se encuentren en el listado de especies en categoría de riesgo de la norma oficial mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010. |

| **IMPACTO AMBIENTAL 93: Conservación de ejemplares de flora silvestre de especies en categoría de riesgo** | | | |
|---|---|---|---|
| | De las 252 especies identificas en el SAR, ocho se encuentran en la lista de especies en categoría de riesgo, de las cuales cuatro se clasifican como especies sujetas a protección especial (Pr), tres especies amenazadas (A) y una en peligro de extinción (P).<br>A nivel del área de influencia, en la Unidad Minera Molango se identificaron cinco especies, de las 123 especies totales, bajo alguna categoría de riesgo, tres sujetas a protección especial (Pr), una amenazadas (A) y la otra en peligro de extinción (P).<br>De las 174 especies de flora silvestre identificada en el AI de la Unidad Minera Naopa, solo tres se encuentran en la lista de la NOM-059-SEMARNAT-2010, dos de ellas sujetas a protección especial y una registrada como amenazada. Y, de las 154 especies de flora silvestre identificadas en el AI de la Unidad Minera Nonoalco, solo cuatro se encuentran en categoría de riesgo, dos amenazadas y mismo número sujetas a protección especial.<br>Debido al desplante de obras del proyecto es necesario llevar a cabo la remoción de la vegetación presente, involucrando a individuos pertenecientes a las especies aquí referidas. Esto implicaría afectar la abundancia y distribución de estas especies, sin poner en riesgo la presencia de alguna de las especies en la región. | | |
| **Descripción para evaluación RIAM modificado** | | | |
| **Componente de evaluación (código)** | BE-16 | | |
| **Criterio** | **Valor** | **Comentario** | |
| A1: Importancia | 1 | | |
| A2: Magnitud | 3 | Se clasifica como un cambio mayor de efecto positivo debido a que se trata de la preservación en el ecosistema de especies que se encuentran clasificadas en alguna categoría de riesgo de acuerdo con la normatividad oficial mexicana. | |
| B1: Permanencia | 4 | | |
| B2. Reversibilidad | 4 | | |
| B3. Acumulabilidad / sinergia | 2 | No existe evidencia de la implementación de este tipo de acciones en el SAR. | |
| B4. Susceptibilidad | 3 | Este criterio se evalúa como sensible al cambio por tratarse de especies que se encuentran catalogadas en riesgo, lo que significa que son relevantes para preservarlas en el ecosistema. | |
| Valor de la evaluación (ES) | 39 | Valor alfabético | B (Impacto positivo moderado) |

| **IMPACTO AMBIENTAL 94: Cambio en el número de individuos de las especies de fauna silvestre** | |
|---|---|
| **Etapa** | Abandono |
| **Factor ambiental impactado:** | Fauna silvestre / Abundancia |
| **Tipo de impacto:** | Benéfico |
| **Actividades causantes:** | • Desmantelamiento de obras.<br>• Relleno de tajo.<br>• Acondicionamiento de sitios y estabilización de taludes.<br>• Revegetación. |
| **Descripción:** | El hecho de disminuir las actividades y el flujo de automotores, aunado a la restauración del área, favorecerá la presencia de individuos de fauna silvestre en el |

| **IMPACTO AMBIENTAL 94: Cambio en el número de individuos de las especies de fauna silvestre** | | | |
|---|---|---|---|
| | área de la unidad mina. Esto incluye tanto a ejemplares de especies de los grupos de presentes: aves, mamíferos, reptiles y anfibios. | | |
| **Descripción para evaluación RIAM modificado** | | | |
| **Componente de evaluación (código)** | BE-17 | | |
| **Criterio** | **Valor** | **Comentario** | |
| A1: Importancia | 1 | Dado que el movimiento de personal, vehículos, incluso de maquinaria, se da a nivel de área de influencia, no solo a nivel local. | |
| A2: Magnitud | 2 | Se considera como un cambio positivo del estado actual al momento de concluir la etapa de operación y dar inicio la de abandono, por la abundancia de individuos que existen y por la capacidad de desplazamiento de las principales especies presentes y por afectar. | |
| B1: Permanencia | 4 | | |
| B2. Reversibilidad | 4 | | |
| B3. Acumulabilidad / sinergia | 2 | No existe evidencia de la implementación de este tipo de acciones en el SAR. | |
| B4. Susceptibilidad | 2 | Se considera que el ambiente es estable a este impacto tomando en consideración que dentro del mismo SAR existen áreas con condiciones similares a las de las unidades mineras del proyecto, tanto de hábitat como en abundancia de ejemplares de fauna. | |
| Valor de la evaluación (ES) | 24 | Valor alfabético | A (Impacto positivo ligero) |

| **IMPACTO AMBIENTAL 95: Variación en las áreas de desplazamiento de ejemplares de fauna silvestre** | | | |
|---|---|---|---|
| **Etapa** | Abandono | | |
| **Factor ambiental impactado:** | Fauna silvestre / Movilidad | | |
| **Tipo de impacto:** | Benéfico | | |
| **Actividades causantes:** | • Desmantelamiento de obras.<br>• Retiro de cimentaciones.<br>• Relleno de tajo.<br>• Acondicionamiento de sitios y estabilización de taludes.<br>• Revegetación. | | |
| **Descripción:** | Ya sin la obra civil construida para la operatividad del proyecto y llevadas a cabo las actividades para la rehabilitación de las áreas de desplante, incluyendo la revegetación de los sitios de desplante, favorecería para que el área retome su funcionalidad ambiental, entre ellas la presencia de fauna silvestre y el movimiento de individuos en las áreas utilizadas para el proyecto. | | |
| **Descripción para evaluación RIAM modificado** | | | |
| **Componente de evaluación (código)** | BE-18 | | |
| **Criterio** | **Valor** | **Comentario** | |
| A1: Importancia | 1 | | |
| A2: Magnitud | 3 | | |
| B1: Permanencia | 4 | | |
| B2. Reversibilidad | 4 | | |

| IMPACTO AMBIENTAL 95: Variación en las áreas de desplazamiento de ejemplares de fauna silvestre | | | |
|---|---|---|---|
| B3. Acumulabilidad / sinergia | 2 | | |
| B4. Susceptibilidad | 3 | | |
| Valor de la evaluación (ES) | 39 | Valor alfabético | B (Impacto positivo moderado) |

| IMPACTO AMBIENTAL 96: Reacondicionamiento de sitios para refugio, alimentación y reproducción de fauna | | | |
|---|---|---|---|
| **Etapa** | Abandono | | |
| **Factor ambiental impactado:** | Fauna / Disponibilidad de hábitat | | |
| **Tipo de impacto:** | Benéfico | | |
| **Actividades causantes:** | • Revegetación. | | |
| **Descripción:** | Con la restauración de los sitios afectados, incluyendo la reforestación con individuos de las especies representativas del tipo de vegetación presente en la región, se le daría las condiciones necesarias que requiere la fauna silvestre para obtener su alimentación y otras necesidades básicas para su desarrollo. Además, con la reducción de la incidencia de personal, vehículos y maquinaria, actividades en general, en el área de incidencia del proyecto se estaría creando las condiciones adecuadas para la presencia y desarrollo de la fauna silvestre en el sitio. | | |
| **Descripción para evaluación RIAM modificado** | | | |
| **Componente de evaluación (código)** | BE-19 | | |
| **Criterio** | **Valor** | **Comentario** | |
| A1: Importancia | 1 | | |
| A2: Magnitud | 2 | | |
| B1: Permanencia | 4 | | |
| B2. Reversibilidad | 4 | | |
| B3. Acumulabilidad / sinergia | 2 | | |
| B4. Susceptibilidad | 3 | | |
| Valor de la evaluación (ES) | 26 | Valor alfabético | A (Impacto positivo ligero) |

| IMPACTO AMBIENTAL 97: Incidencia en ejemplares de fauna silvestre de especies en categoría de riesgo y relevancia ambiental | |
|---|---|
| **Factor ambiental impactado:** | Fauna / Individuos en categoría de riesgo |
| **Tipo de impacto:** | Benéfico |
| **Actividades causantes:** | • Desmantelamiento de obras.<br>• Acondicionamiento de sitios y estabilización de taludes<br>• Revegetación. |
| **Descripción:** | Con la restauración de los sitios afectados, incluyendo la reforestación con individuos de las especies representativas del tipo de vegetación presente en la región, se le daría las condiciones necesarias que requiere la fauna silvestre para obtener su alimentación y otras necesidades básicas para su desarrollo, incluyendo a las especies que se encuentran en alguna categoría de riesgo. Ello no implica que se favorecería su establecimiento, solo que se daría las condiciones requeridas para que tengan las condiciones adecuadas para su sobrevivencia, presencia y desarrollo. |

| **IMPACTO AMBIENTAL 97: Incidencia en ejemplares de fauna silvestre de especies en categoría de riesgo y relevancia ambiental** | | | |
|---|---|---|---|
| **Descripción para evaluación RIAM modificado** | | | |
| **Componente de evaluación (código)** | BE-20 | | |
| **Criterio** | **Valor** | **Comentario** | |
| A1: Importancia | 1 | | |
| A2: Magnitud | 3 | Se clasifica como un cambio mayor de efecto positivo debido a que se trata de la preservación en el ecosistema de especies que se encuentran clasificadas en alguna categoría de riesgo, de acuerdo con establecido en la normatividad oficial mexicana. | |
| B1: Permanencia | 4 | | |
| B2. Reversibilidad | 4 | | |
| B3. Acumulabilidad / sinergia | 2 | | |
| B4. Susceptibilidad | 3 | Este criterio se evalúa como sensible al cambio por tratarse de especies que se encuentran catalogadas en riesgo, lo que significa que son relevantes para preservarlas en el ecosistema. | |
| Valor de la evaluación (ES) | 39 | Valor alfabético | B (Impacto positivo moderado) |

| **IMPACTO AMBIENTAL 98: Modificación de las cualidades estético - paisajísticas** | |
|---|---|
| **Etapa** | Abandono |
| **Factor ambiental impactado:** | Paisaje / Calidad estético - paisajística |
| **Tipo de impacto:** | Benéfico |
| **Actividades causantes:** | • Desmantelamiento de obras.<br>• Retiro de cimentaciones.<br>• Relleno de tajo.<br>• Retiro de residuos.<br>• Restauración de sedimentadores, patios, tepetateras y áreas operativas.<br>• Revegetación. |
| **Descripción:** | En este caso, la revegetación de los sitios de desplante de las obras e instalaciones del proyecto mitigarían las afectaciones ocasionadas al medio perceptual original del predio. Sin embargo, esta actividad es solo la culminación de un conjunto de acciones que se llevan a cabo como parte de un programa de restauración de sitios afectados; es decir, que para que la revegetación tenga éxito y se logre el objetivo general de este tipo de programas, se debe tener un sitio limpio, libre de infraestructura y residuos, una buena preparación del suelo y cama de cultivo, así como una correcta selección de especies a utilizar y manejo en las actividades de revegetación. Todas estas acciones en conjunto lograrían que el sitio tenga las características similares a las que tenía previamente a ser impactado. |

| **Descripción para evaluación RIAM modificado** | | |
|---|---|---|
| **Componente de evaluación (código)** | SC-15 | |
| **Criterio** | **Valor** | **Comentario** |
| A1: Importancia | 1 | Al ser una acción que se realiza puntualmente en las áreas que sirvieron para el desplante e instalación de infraestructura, su efecto no va allá de tener un efecto local. |

| IMPACTO AMBIENTAL 98: Modificación de las cualidades estético - paisajísticas | | | |
|---|---|---|---|
| A2: Magnitud | 3 | Al tratarse de áreas que para hacerlas funcionales y cumplan con los objetivos para los cuales fueron diseñadas y construidas tuvieron que ser cambiadas sus características ambientales completamente, de manera puntual, por lo que, al someterse a un programa de restauración que incluye la revegetación del sitio se tiene un mejoramiento significativo del estado que se adquiera con la construcción de la infraestructura. | |
| B1: Permanencia | 4 | | |
| B2. Reversibilidad | 4 | | |
| B3. Acumulabilidad / sinergia | 2 | | |
| B4. Susceptibilidad | 3 | | |
| Valor de la evaluación (ES) | 39 | Valor alfabético | B (Impacto positivo moderado) |

| IMPACTO AMBIENTAL 99: Impacto en la calidad de vida de los vecinos de las obras | | | |
|---|---|---|---|
| **Etapa** | Abandono | | |
| **Factor ambiental impactado:** | Paisaje / Impacto visual | | |
| **Tipo de impacto:** | Benéfico | | |
| **Actividades causantes:** | • Desmantelamiento de infraestructura. | | |
| **Descripción:** | El paisaje está conformado por un complejo de interrelaciones, es una realidad física experimentable según el anclaje cultural, la personalidad del observador y su capacidad de percepción, el cual tiene diferentes formas perceptivas (auditiva, olfativa y visual) Muñoz-Pedreros (2004).<br>En este caso, la remoción de la obra civil que se construiría y el retorno de las condiciones al uso de suelo actual eliminaría el efecto visual que las obras artificiales tienen en el ambiente y el impacto que ello representa en la percepción del medio ambiente para los observadores locales. | | |
| **Descripción para evaluación RIAM modificado** | | | |
| **Componente de evaluación (código)** | SC-16 | | |
| **Criterio** | **Valor** | **Comentario** | |
| A1: Importancia | 1 | Al ser una acción que se realiza puntualmente en las áreas que sirvieron para el desplante e instalación de infraestructura, su efecto no va más allá de tener un efecto local. | |
| A2: Magnitud | 3 | Al tratarse de áreas que para hacerlas funcionales y cumplan con los objetivos para los cuales fueron diseñadas y construidas tuvieron que ser cambiadas sus características ambientales completamente, de manera puntual, por lo que, al someterse a un programa de restauración que incluye la revegetación del sitio se tiene un mejoramiento significativo del estado que se adquiera con la construcción de la infraestructura. | |
| B1: Permanencia | 4 | | |
| B2. Reversibilidad | 4 | | |
| B3. Acumulabilidad / sinergia | 2 | No existe evidencia de la implementación de este tipo de acciones en el SAR. | |
| B4. Susceptibilidad | 3 | | |
| Valor de la evaluación (ES) | 39 | Valor alfabético | B (Impacto positivo moderado) |

| **IMPACTO AMBIENTAL 100: Obtención de recursos minerales del subsuelo** | | | |
|---|---|---|---|
| **Etapa** | Abandono | | |
| **Factor ambiental impactado:** | Uso de suelo industrial / Producción mineral | | |
| **Tipo de impacto:** | Adverso | | |
| **Actividades causantes:** | • Desmantelamiento de infraestructura. | | |
| **Descripción:** | El paro de actividades mineras, representado en este caso por el desmantelamiento de la infraestructura que ya no sería utilizable por culminación de la explotación minera, tendría un impacto social y económico fuerte en la región, ya que se perderían las fuentes de empleo y la derrama económica que trae consigo todo el proyecto.<br>Como se ha mencionada anteriormente, en el SAR no existen fuentes de trabajo suficientes para los pobladores de la región y la zona no tiene condiciones propicias para el desarrollo de actividades agropecuarias intensivas que ayuden al autoempleo, desarrollándose principalmente la producción pecuaria extensiva y el sistema agrícola de roza – tumba – quema. | | |
| **Descripción para evaluación RIAM modificado** | | | |
| **Componente de evaluación (código)** | SC-17 | | |
| **Criterio** | **Valor** | **Comentario** | |
| A1: Importancia | 3 | La cantidad de fuentes de empleo directos e indirectos, permanentes y temporales, así como la derrama económica que trae consigo el desarrollo del proyecto tiene una relevancia nivel regional. | |
| A2: Magnitud | -3 | | |
| B1: Permanencia | 4 | Una vez culminadas las actividades mineras por agotamiento del mineral, o la baja rentabilidad de la explotación, el proyecto parará permanentemente y de manera irreversible. | |
| B2. Reversibilidad | 4 | | |
| B3. Acumulabilidad / sinergia | 2 | No existe evidencia de la implementación de este tipo de acciones en el SAR. | |
| B4. Susceptibilidad | 4 | Al alta sensibilidad está relacionada con el aporte que el desarrollo del proyecto tendría en el desarrollo social y económico regional, tomando en cuentas sus condiciones actuales. | |
| Valor de la evaluación (ES) | -126 | Valor alfabético | -D (Impacto negativo mayor) |

| **IMPACTO AMBIENTAL 101: Ampliación y rehabilitación de las vías de comunicación** | |
|---|---|
| **Etapa** | Abandono |
| **Factor ambiental impactado:** | Uso de suelo comunicación / Camino de acceso. |
| **Tipo de impacto:** | Benéfico |
| **Actividades causantes:** | • Desmantelamiento de infraestructura.<br>• Retiro de residuos.<br>• Revegetación. |
| **Descripción:** | La culminación del proyecto y el desmantelamiento de la obra trae consigo la culminación de las fuentes de empleo y de la derrama económica que implica el mantenimiento de las vías de comunicación y de la línea de distribución de energía eléctrica. |

| IMPACTO AMBIENTAL 101: Ampliación y rehabilitación de las vías de comunicación | | | |
|---|---|---|---|
| | Este tipo de obras que representan un beneficio para la sociedad generalmente se traspasan a las autoridades locales o a la población local. | | |
| **Descripción para evaluación RIAM modificado** | | | |
| **Componente de evaluación (código)** | SC-18 | | |
| **Criterio** | **Valor** | **Comentario** | |
| A1: Importancia | 2 | | |
| A2: Magnitud | 1 | | |
| B1: Permanencia | 4 | | |
| B2. Reversibilidad | 4 | | |
| B3. Acumulabilidad / sinergia | 2 | | |
| B4. Susceptibilidad | 1 | | |
| Valor de la evaluación (ES) | 22 | Valor alfabético | A (Impacto positivo ligero) |

| IMPACTO AMBIENTAL 102: Generación de ofertas de trabajo directos e indirectos | | | |
|---|---|---|---|
| **Factor ambiental impactado:** | Calidad de vida / Generación de empleos | | |
| **Tipo de impacto:** | Benéfico | | |
| **Actividades causantes:** | • Desmantelamiento de obras.<br>• Retiro de cimentaciones.<br>• Sellado de mina subterránea.<br>• Retiro de residuos.<br>• Descompactación mecánica de suelo.<br>• Restauración de sedimentadores, patios, tepetateras y áreas operativas.<br>• Acondicionamiento de sitios y estabilización de taludes.<br>• Revegetación. | | |
| **Descripción:** | Para llevar a cabo las actividades de abandono del sitio se demandarían más y diferentes empleados. Si bien, los empleos que se generen son por un periodo corto de tiempo y demandando más mano de obra no calificada que calificada, ello implicaría fuente de empleo para personas que viven cerca del área del proyecto, así como de la contratación de empresas de la región. | | |
| **Descripción para evaluación RIAM modificado** | | | |
| **Componente de evaluación (código)** | EO-16 | | |
| **Criterio** | **Valor** | **Comentario** | |
| A1: Importancia | 1 | | |
| A2: Magnitud | 2 | | |
| B1: Permanencia | 3 | | |
| B2. Reversibilidad | 2 | | |
| B3. Acumulabilidad / sinergia | 3 | | |
| B4. Susceptibilidad | 3 | La generación de empleo en áreas rurales en los que se puede emplear gente de la región siempre habrá sensibilidad a cambios por lo que representa para gente con escasas oportunidades de empleo. | |
| Valor de la evaluación (ES) | 22 | Valor alfabético | A (Impacto positivo ligero) |

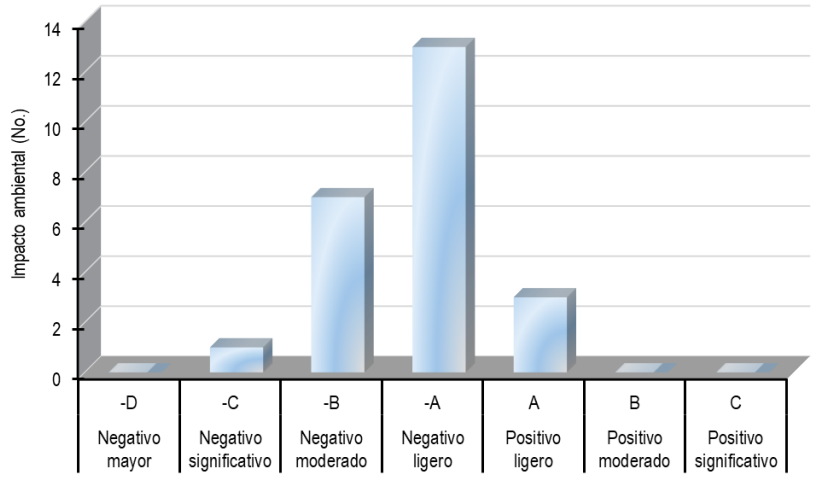
| **IMPACTO AMBIENTAL 103: Impulso a la economía local y regional por la derrama económica** | | | |
|---|---|---|---|
| **Etapa** | Abandono | | |
| **Factor ambiental impactado:** | Calidad de vida / derrama económica | | |
| **Tipo de impacto:** | Benéfico | | |
| **Actividades causantes:** | • Sellado de mina subterránea.<br>• Restauración de áreas contaminadas.<br>• Acondicionamiento de sitios y estabilización de taludes.<br>• Revegetación. | | |
| **Descripción:** | La realización de las actividades a ejecutar como parte del abandono del proyecto implica una inversión que va más allá de la contratación de la mano de obra que las lleve a cabo. Estas requieren de la contratación de empresas para la realización de actividades específicas para lograr el objetivo de la restauración de los sitios que es alcanzar su funcionalidad ambiental a condiciones similares previo al inicio del proyecto. | | |
| **Descripción para evaluación RIAM modificado** | | | |
| **Componente de evaluación (código)** | EO-17 | | |
| **Criterio** | **Valor** | **Comentario** | |
| A1: Importancia | 2 | | |
| A2: Magnitud | 2 | | |
| B1: Permanencia | 4 | | |
| B2. Reversibilidad | 2 | | |
| B3. Acumulabilidad / sinergia | 3 | | |
| B4. Susceptibilidad | 3 | | |
| Valor de la evaluación (ES) | 48 | Valor alfabético | B (Impacto positivo moderado) |

| **IMPACTO AMBIENTAL 104: Desarrollo regional comunitario directo por la actividad minera** | |
|---|---|
| **Etapa** | Abandono |
| **Factor ambiental impactado:** | Calidad de vida / Servicios comunitarios |
| **Tipo de impacto:** | Benéfico |
| **Actividades causantes:** | • Relleno de tajo.<br>• Restauración de áreas contaminadas.<br>• Mantenimiento de caminos.<br>• Acondicionamiento de sitios y estabilización de taludes.<br>• Revegetación. |
| **Descripción:** | La realización de las actividades a ejecutar como parte del abandono del proyecto implica una inversión que va más allá de la contratación de la mano de obra que las lleve a cabo. Estas requieren de la contratación de empresas regionales para la realización de actividades específicas para lograr el objetivo de la restauración de los sitios que es alcanzar su funcionalidad ambiental a condiciones similares previo al inicio del proyecto.<br>Una vez culminado el desarrollo del proyecto parte de la infraestructura puede ser traspasada, mediante acuerdos, a las autoridades locales para el uso y |

| IMPACTO AMBIENTAL 104: Desarrollo regional comunitario directo por la actividad minera | | | |
|---|---|---|---|
| | aprovechamiento de los pobladores. Parte de la infraestructura útil del proyecto para beneficio colectivo pueden estar las vías de comunicación construidas y la línea de distribución de energía eléctrica. | | |
| **Descripción para evaluación RIAM modificado** | | | |
| **Componente de evaluación (código)** | EO-18 | | |
| **Criterio** | **Valor** | **Comentario** | |
| A1: Importancia | 2 | | |
| A2: Magnitud | 2 | | |
| B1: Permanencia | 4 | | |
| B2. Reversibilidad | 4 | | |
| B3. Acumulabilidad / sinergia | 2 | | |
| B4. Susceptibilidad | 3 | | |
| Valor de la evaluación (ES) | 52 | Valor alfabético | B (Impacto positivo moderado) |

## V.3.5. Análisis de los resultados de la valoración de impactos

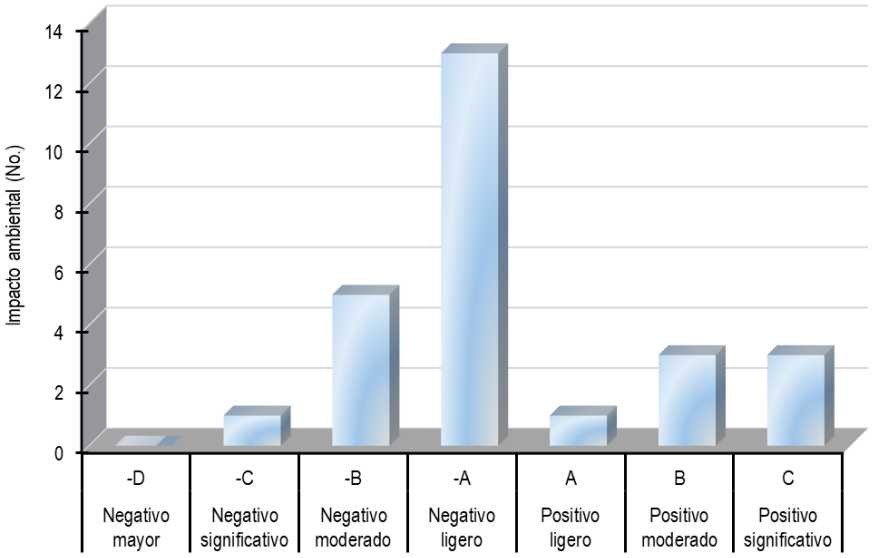
Analizando la información presentada en las fichas descriptivas de los impactos ambientales potenciales a generarse por el desarrollo del proyecto por cada una de las etapas de desarrollo del proyecto, se tiene que de los 24 impactos a generarse en la etapa de preparación del sitio 21 sería adversos y tres positivos. De los 21 adversos, 13 se clasificaron como ligeramente adversos, siete moderados y solo uno significativos (Figura V.1). Y, por otro lado, los tres impactos benéficos clasificaron como ligeros.




Valor alfabético: A = Impacto ligero; B = Impacto moderado, C = Impacto significativo y, N = Sin cambio del estado actual. El signo menos que antecede a la literal que identifica el valor alfabético hace referencia a impactos adversos o negativos.

***Figura V. 1. Valor alfabético de los impactos ambientales potenciales a generarse en la etapa de preparación del sitio.***

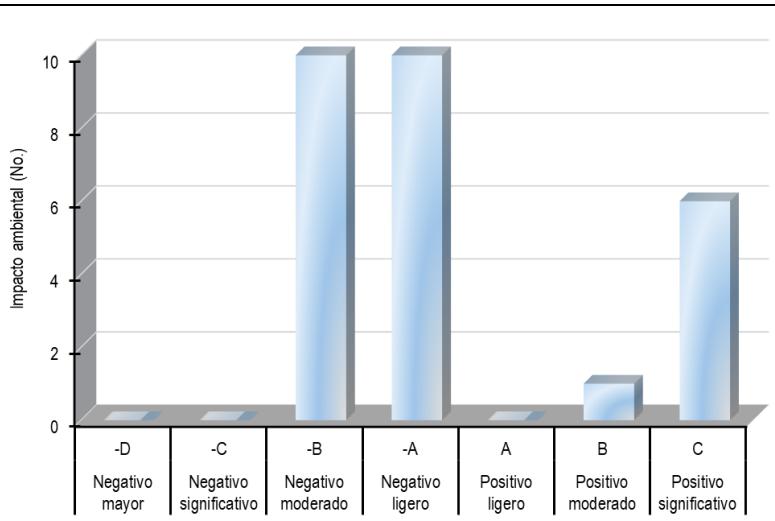
De los 26 impactos ambientales potenciales a generarse en la etapa de construcción, 19 resultaron ser adversos y siete benéficos o positivos. 13 impactos adversos clasificaron como ligeros, cinco moderados y uno como significativo (Figura V.2). Y, de los siete benéficos, tres clasificaron como impactos significativos, mismo número de moderados y uno ligero.




Valor alfabético: A = Impacto ligero; B = Impacto moderado, C = Impacto significativo y, N = Sin cambio del estado actual. El signo menos que antecede a la literal que identifica el valor alfabético hace referencia a impactos adversos o negativos.

**Figura V. 2. Valor alfabético de los impactos ambientales potenciales a generarse en la etapa de construcción.**

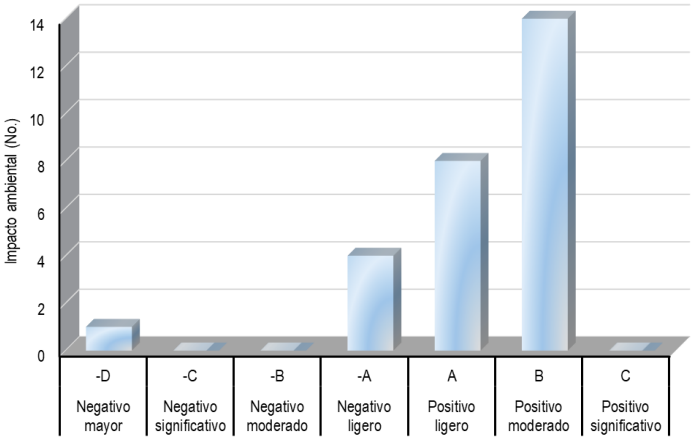
En la etapa de operación y mantenimiento del proyecto se identificaron 27 impactos ambientales potenciales en total, de los cuales 20 son adversos y siete positivos (Figura V.3). De los 20 impactos adversos, 10 clasificaron como ligeros y mismo número como moderados. Por otro lado, de los siete impactos positivos, seis alcanzaron la clasificación de significativos y el restante como moderado.




Valor alfabético: A = Impacto ligero; B = Impacto moderado, C = Impacto significativo y, N = Sin cambio del estado actual. El signo menos que antecede a la literal que identifica el valor alfabético hace referencia a impactos adversos o negativos.

***Figura V. 3. Valor alfabético de los impactos ambientales potenciales a generarse en la etapa de operación y mantenimiento.***

Finalmente, de los 27 impactos ambientales totales identificados a generarse en la etapa de abandono, resultó que cinco serían adversos y 22 positivos (Figura V.4). Cuatro de los impactos adversos clasificaron como ligeros y el otro como negativo mayor. Y, de los impactos positivos, 14 se consideran moderados y ocho ligeros.

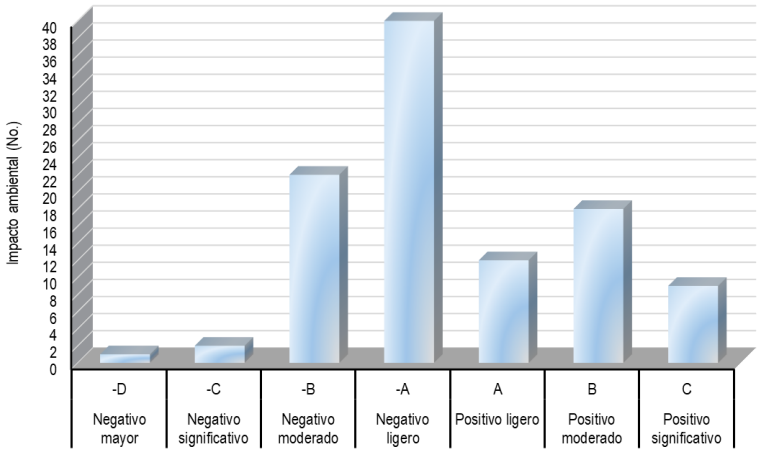



Valor alfabético: A = Impacto ligero; B = Impacto moderado, C = Impacto significativo y, N = Sin cambio del estado actual. El signo menos que antecede a la literal que identifica el valor alfabético hace referencia a impactos adversos o negativos.

***Figura V. 4. Valor alfabético de los impactos ambientales potenciales a generarse en la etapa de abandono.***

Como resultado del análisis realizado en la identificación de impactos por etapas de ejecución del proyecto, las etapas de preparación del sitio, operación y mantenimiento y construcción del proyecto es donde se tiene una mayor presencia de impactos ambientales adversos con 21, 20 y 19, respectivamente.

Del total de impactos ambientales adversos potenciales identificados, 40 se clasifican con ligeros, 22 moderados, dos significativos y uno alcanzó a clasificarse como mayor (Figura V.5). Por otro lado, los impactos positivos mostraron mayor uniformidad, de los 39 impactos ambientales positivos identificados, 12 se clasificaron como ligeros, 18 moderados y nueve significativos.




Valor alfabético: A = Impacto ligero; B = Impacto moderado, C = Impacto significativo y, N = Sin cambio del estado actual. El signo menos que antecede a la literal que identifica el valor alfabético hace referencia a impactos adversos o negativos.

***Figura V. 5. Valor alfabético de los impactos ambientales potenciales a generarse durante el desarrollo total del proyecto.***

La etapa de operación y mantenimiento es la que tiene los impactos ambientales negativos potenciales con mayor significancia, con 10 moderados, aunque es en la etapa de abandono donde se tiene el de mayor impacto, alcanzando a clasificarse como negativo mayor.

Los impactos ambientales potenciales de mayor significancia que se tienen identificados son los relacionados con la afectación al recurso hídrico, los dos factores del medio biótico y la calidad paisajística. Entre las afectaciones potenciales al factor agua, destacan las ocasionadas a los subfactores ambientales relacionados con la modificación del flujo hídrico, la recarga al manto freático y el consumo de agua de cuerpos de agua superficiales.

En el medio biótico se afectaría la abundancia de ejemplares de flora y faunas, específicamente en los sitios de obras y actividades, la cobertura vegetal, la cual funciona como sitios de alimentación, refugio, reproducción y área de desplazamiento de la fauna silvestre, así como la afectación a especies en categoría de riesgo. Con la diferencia que, la afectación a la flora silvestre solo se genera en la etapa de preparación del sitio y, por otro lado, la afectación a la fauna silvestre se tendría durante toda la vida del proyecto.

La afectación que sufrirá el paisaje, en su cualidad estético – paisajística (percepción visual) por efectos de las infraestructura y actividades mineras se tendría desde la etapa de preparación del sitio y se continua durante la construcción de la infraestructura. Este cambio en la percepción visual está asociado con otro impacto ambiental que se clasifica como significativo y se presenta en las tres primeras etapas del proyecto, mismo que está asociado al cambio en la conformación topográfica natural del terreno por las actividades de despalme, nivelación, excavaciones, pero principalmente por la formación del tajo, tepetateras y la disposición de material estéril (lodos y tepetate). Las actividades con menor impacto se dan principalmente en las dos primeras etapas del proyecto, mientras que las de mayor impacto se tienen durante la etapa de operación y mantenimiento.

El número de impactos ambientales adversos en las primeras tres etapas son similares (21, 19 y 20, respectivamente), pero siendo diferentes en tipo y magnitud entre ellos. En la etapa de preparación del sitio, los impactos adversos más significativos están relacionados con las actividades de deshierbe, desmonte, despalme y nivelación, los cuales tienen un efecto adverso indirecto también sobre la fauna silvestre y subfactores del suelo. Ya en la etapa de construcción, operación y mantenimiento, las áreas por desplantar y operar carecen de vegetación y suelo, y la fauna silvestre se ve disminuida por la falta de condiciones para su presencia, por lo que, son los componentes físico – químicos como el relieve, agua y aire, así como el medio perceptual, los que sufren las mayores afectaciones adversas.

En la etapa de abandono del proyecto es donde se tiene un comportamiento diferente, en cuanto a la presencia de impactos ambientales, con respecto a las etapas previas, obteniéndose más impactos ambientales positivos (81.48%), que los negativos (18.52%). Este comportamiento está asociado con el objetivo de las actividades a realizar a este nivel de avance del proyecto, las cuales están enfocadas al retiro de la infraestructura construida para el desarrollo del proyecto y la rehabilitación y restauración de todas las áreas intervenidas, de tal forma que se recupere su funcionalidad ambiental integral.

Hasta aquí, cabe aclarar que el valor estimado de la significancia se realiza sin considerar la implementación de medidas ambientales, las cuales se presentan en el siguiente capítulo de esta manifestación de impacto ambiental. Estas tendrán el objetivo de prevenir y mitigar los impactos ambientales de los que se habla en este capítulo.

Sin ahondar en la discusión de los impactos ambientales potenciales benéficos, los más relevantes estarían relacionados con el componente socio – económico, por la generación de empleos y la derrama económica que representaría el desarrollo del proyecto (Tabla V.10). Este impacto es poco significativo para las actividades de la etapa de preparación del sitio, cobrando gran relevancia durante las etapas de construcción y operación y mantenimiento por la mayor demanda de mano de obra y la derrama económica que implica el levantar e instalar

la infraestructura planeada, así como por la demanda de insumos para las actividades de exploración y explotación mineral. Ya en la etapa de abandono se reduce la demanda de mano de obra y la derrama económica.

***Tabla V.10. Concentrado de la valorización de los impactos ambientales potenciales a generarse por etapa de desarrollo del proyecto.***

| No | Código§ | Impacto ambiental | Valor de los criterios | | | | | | Evaluación (ES) | Valor alfabético§§ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | A1 | A2 | B1 | B2 | B3 | B4 | | |
| **Preparación del sitio** | | | | | | | | | | |
| 1 | FQ-1 | Cambio en la conformación topográfica natural del terreno y de patrones de sedimentación de sustratos | 1 | -2 | 4 | 4 | 4 | 4 | -32 | -B |
| 2 | FQ-2 | Pérdida de horizontes del suelo en áreas del desplante | 1 | -2 | 4 | 4 | 4 | 3 | -30 | -A |
| 3 | FQ-3 | Afectación de las propiedades físicas del suelo (Permeabilidad) | 1 | -2 | 4 | 4 | 4 | 3 | -30 | -A |
| 4 | FQ-4 | Cambio de las propiedades químicas y biológicas del suelo | 1 | -1 | 4 | 2 | 3 | 2 | -11 | -A |
| 5 | FQ-5 | Alteración de la concentración de partículas sólidas y gases en el aire | 1 | -1 | 4 | 2 | 3 | 2 | -11 | -A |
| 6 | FQ-6 | Generación de ondas acústicas fuertes, no deseadas y desagradables para el sentido | 1 | -1 | 4 | 2 | 3 | 2 | -11 | -A |
| 7 | FQ-7 | Cambio en el comportamiento de factores climáticos | 1 | -2 | 4 | 4 | 3 | 3 | -28 | -A |
| 8 | FQ-8 | Alteración de la composición física, química y/o bacteriológica en el agua superficial | 2 | -1 | 4 | 2 | 3 | 2 | -22 | -A |
| 9 | FQ-9 | Cambio en los flujos y movimientos de agua superficiales temporales | 1 | -2 | 4 | 4 | 3 | 4 | -30 | -A |
| 10 | FQ-10 | Alteración del proceso de infiltración de agua al manto freático | 1 | -3 | 4 | 4 | 4 | 4 | -48 | -B |
| 11 | BE-1 | Cambio de la abundancia de individuos de especies de flora silvestre | 1 | -3 | 4 | 4 | 4 | 3 | -45 | -B |
| 12 | BE-2 | Modificación de la superficie y distribución de la cobertura y tipo de vegetación | 1 | -3 | 4 | 4 | 4 | 3 | -45 | -B |
| 13 | BE-3 | Afectación a ejemplares de flora silvestre de especies en categoría de riesgo | 2 | -2 | 4 | 4 | 3 | 3 | -56 | -C |
| 14 | BE-4 | Disminución del número de individuos de las especies de fauna silvestre | 1 | -2 | 4 | 4 | 4 | 3 | -30 | -A |
| 15 | BE-5 | Alteración de las áreas de desplazamiento de ejemplares de fauna silvestre | 1 | -3 | 4 | 4 | 4 | 3 | -45 | -B |
| 16 | BE-6 | Reducción de áreas usadas como refugio, alimentación y reproducción de fauna silvestre | 1 | -2 | 4 | 4 | 4 | 3 | -30 | -A |
| 17 | BE-7 | Afectación a ejemplares de fauna silvestre de especies en categoría de riesgo y relevancia ambiental | 1 | -3 | 4 | 4 | 4 | 3 | -45 | -B |
| 18 | SC-1 | Modificación de las cualidades estético - paisajísticas | 1 | -3 | 4 | 4 | 4 | 4 | -48 | -B |
| 19 | SC-2 | Obtención de recursos minerales del subsuelo | 1 | -2 | 4 | 4 | 2 | 3 | -26 | -A |
| 20 | SC-3 | Ampliación y rehabilitación de las vías de comunicación | 1 | -2 | 4 | 4 | 4 | 3 | -30 | -A |
| 21 | SC-4 | Incremento de riesgos por accidentes | 1 | -1 | 4 | 2 | 2 | 2 | -10 | -A |
| 22 | EO-1 | Generación de ofertas de trabajo directos e indirectos | 1 | 1 | 4 | 1 | 3 | 2 | 10 | A |
| 23 | EO-2 | Impulso a la economía local y regional por la derrama económica | 1 | 1 | 4 | 1 | 3 | 2 | 10 | A |
| 24 | EO-3 | Pago de impuestos a las diferentes dependencias por los servicios brindados | 3 | 1 | 4 | 2 | 2 | 2 | 30 | A |
| **Construcción del proyecto** | | | | | | | | | | |

| No | Código§ | Impacto ambiental | Valor de los criterios | | | | | | Evaluación (ES) | Valor alfabético§§ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | A1 | A2 | B1 | B2 | B3 | B4 | | |
| 25 | FQ-11 | Cambio en la conformación topográfica natural del terreno y de patrones de sedimentación de sustratos | 1 | -2 | 4 | 3 | 4 | 4 | -30 | -A |
| 26 | FQ-12 | Alteración de la estabilidad geomorfológica del terreno | 1 | -2 | 4 | 4 | 2 | 3 | -26 | -A |
| 27 | FQ-13 | Afectación de las propiedades físicas del suelo (Permeabilidad) | 1 | -2 | 4 | 4 | 3 | 3 | -28 | -A |
| 28 | FQ-14 | Cambio de las propiedades químicas y biológicas del suelo | 1 | -2 | 4 | 2 | 4 | 2 | -24 | -A |
| 29 | FQ-15 | Alteración de la concentración de partículas sólidas y gases en el aire | 2 | -1 | 4 | 2 | 3 | 2 | -22 | -A |
| 30 | FQ-16 | Generación de ondas acústicas fuertes, no deseadas y desagradables para el sentido | 2 | -1 | 4 | 2 | 3 | 2 | -22 | -A |
| 31 | FQ-17 | Cambio en el comportamiento de factores climáticos | 1 | -2 | 4 | 4 | 3 | 3 | -28 | -A |
| 32 | FQ-18 | Aprovechamiento del volumen de agua superficial autorizado para su explotación | 2 | -2 | 4 | 4 | 4 | 3 | -60 | -C |
| 33 | FQ-19 | Alteración de la composición física, química y/o bacteriológica en el agua superficial | 2 | -1 | 4 | 2 | 4 | 3 | -26 | -A |
| 34 | FQ-20 | Alteración de la composición física, química y/o bacteriológica en el agua subterránea | 2 | -1 | 4 | 2 | 2 | 2 | -20 | -A |
| 35 | FQ-21 | Cambio en los flujos y movimientos de agua superficiales temporales | 1 | -3 | 4 | 4 | 4 | 4 | -48 | -B |
| 36 | FQ-22 | Alteración del proceso de infiltración de agua al manto freático | 1 | -3 | 4 | 4 | 4 | 2 | -42 | -B |
| 37 | BE-8 | Disminución del número de individuos de las especies de fauna silvestre | 1 | -1 | 4 | 4 | 4 | 3 | -15 | -A |
| 38 | BE-9 | Alteración de las áreas de desplazamiento de ejemplares de fauna silvestre | 1 | -2 | 4 | 4 | 4 | 3 | -30 | -A |
| 39 | BE-10 | Afectación a ejemplares de fauna silvestre de especies en categoría de riesgo y relevancia ambiental | 1 | -3 | 4 | 4 | 4 | 3 | -45 | -B |
| 40 | SC-5 | Modificación de las cualidades estético - paisajísticas | 1 | -3 | 4 | 4 | 4 | 4 | -48 | -B |
| 41 | SC-6 | Impacto en la calidad de vida de los vecinos de las obras | 1 | -3 | 4 | 4 | 3 | 3 | -42 | -B |
| 42 | SC-7 | Obtención de recursos minerales del subsuelo | 1 | 2 | 4 | 4 | 2 | 2 | 24 | A |
| 43 | SC-8 | Ampliación y rehabilitación de las vías de comunicación | 2 | 2 | 4 | 4 | 4 | 2 | 56 | C |
| 44 | SC-9 | Incremento de riesgos por accidentes | 1 | -2 | 4 | 2 | 2 | 2 | -20 | -A |
| 45 | EO-4 | Incremento de la población económicamente activa externa que demanda bienes, servicios y empleo | 1 | -1 | 4 | 4 | 2 | 2 | -12 | -A |
| 46 | EO-5 | Generación de ofertas de trabajo directos e indirectos | 3 | 2 | 4 | 2 | 3 | 3 | 72 | C |
| 47 | EO-6 | Impulso a la economía local y regional por la derrama económica | 3 | 2 | 4 | 2 | 3 | 3 | 72 | C |
| 48 | EO-7 | Desarrollo regional comunitario directo por la actividad minera | 2 | 2 | 4 | 3 | 2 | 3 | 48 | B |
| 49 | EO-8 | Pagos gubernamentales por los servicios demandados en diferentes dependencias | 3 | 1 | 4 | 2 | 2 | 3 | 33 | B |
| 50 | EO-9 | Pago de impuestos a las diferentes dependencias por los servicios brindados | 3 | 1 | 4 | 2 | 2 | 3 | 33 | B |
| **Operación y mantenimiento** | | | | | | | | | | |
| 51 | FQ-23 | Cambio en la conformación topográfica natural del terreno y de patrones de sedimentación de sustratos | 1 | -3 | 4 | 4 | 4 | 4 | -48 | -B |

| No | Código§ | Impacto ambiental | Valor de los criterios | | | | | | Evaluación (ES) | Valor alfabético§§ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | A1 | A2 | B1 | B2 | B3 | B4 | | |
| 52 | FQ-24 | Alteración de la estabilidad geomorfológica del terreno | 1 | -3 | 4 | 4 | 2 | 3 | -39 | -B |
| 53 | FQ-25 | Pérdida de horizontes del suelo en áreas del desplante | 1 | -2 | 4 | 4 | 4 | 3 | -30 | -A |
| 54 | FQ-26 | Afectación de las propiedades físicas del suelo (Permeabilidad) | 1 | -2 | 4 | 4 | 3 | 2 | -26 | -A |
| 55 | FQ-27 | Cambio de las propiedades químicas y biológicas del suelo | 1 | -2 | 4 | 2 | 4 | 3 | -26 | -A |
| 56 | FQ-28 | Alteración de la concentración de partículas sólidas y gases en el aire | 2 | -2 | 4 | 2 | 3 | 2 | -44 | -B |
| 57 | FQ-29 | Generación de ondas acústicas fuertes, no deseadas y desagradables para el sentido | 2 | -1 | 4 | 2 | 3 | 2 | -22 | -A |
| 58 | FQ-30 | Cambio en el comportamiento de factores climáticos | 2 | -1 | 4 | 4 | 4 | 3 | -30 | -A |
| 59 | FQ-31 | Aprovechamiento del volumen de agua superficial autorizada para su aprovechamiento | 2 | -2 | 4 | 2 | 4 | 3 | -52 | -B |
| 60 | FQ-32 | Alteración de la composición física, química y/o bacteriológica en el agua superficial | 2 | -2 | 4 | 3 | 3 | 3 | -52 | -B |
| 61 | FQ-33 | Alteración de la composición física, química y/o bacteriológica en el agua subterránea | 2 | -2 | 4 | 3 | 3 | 2 | -48 | -B |
| 62 | FQ-34 | Cambio en el flujo y movimientos de agua superficial temporales | 1 | -3 | 4 | 4 | 4 | 4 | -48 | -B |
| 63 | FQ-35 | Alteración del proceso de infiltración de agua al manto freático | 1 | -2 | 4 | 4 | 4 | 4 | -32 | -B |
| 64 | BE-11 | Disminución del número de individuos de las especies de fauna silvestre | 1 | -1 | 4 | 4 | 4 | 3 | -15 | -A |
| 65 | BE-12 | Alteración de las áreas de desplazamiento de ejemplares de fauna silvestre | 1 | -2 | 4 | 4 | 4 | 3 | -30 | -A |
| 66 | BE-13 | Afectación a ejemplares de fauna silvestre de especies en categoría de riesgo y relevancia ambiental | 1 | -3 | 4 | 4 | 4 | 4 | -48 | -B |
| 67 | SC-10 | Modificación de las cualidades estético-paisajísticas | 1 | -3 | 4 | 4 | 4 | 3 | -45 | -B |
| 68 | SC-11 | Impacto en la calidad de vida de los vecinos de las obras | 1 | -2 | 4 | 4 | 3 | 3 | -28 | -A |
| 69 | SC-12 | Obtención de recursos minerales del subsuelo | 3 | 2 | 4 | 4 | 2 | 2 | 72 | C |
| 70 | SC-13 | Conservación funcional de las vías de comunicación | 2 | 2 | 4 | 4 | 4 | 2 | 56 | C |
| 71 | SC-14 | Incremento de riesgos por accidentes | 1 | -2 | 4 | 2 | 2 | 2 | -20 | -A |
| 72 | EO-10 | Incremento de la población económicamente activa externa que demanda bienes, servicios y empleo | 2 | -1 | 4 | 4 | 2 | 3 | -26 | -A |
| 73 | EO-11 | Generación de ofertas de trabajo directos e indirectos | 3 | 2 | 4 | 4 | 2 | 3 | 78 | C |
| 74 | EO-12 | Impulso a la economía local y regional por la derrama económica | 3 | 2 | 4 | 4 | 2 | 3 | 78 | C |
| 75 | EO-13 | Desarrollo regional comunitario directo por la actividad minera | 2 | 2 | 4 | 4 | 2 | 3 | 52 | B |
| 76 | EO-14 | Pagos gubernamentales por los servicios demandados en diferentes dependencias | 3 | 2 | 4 | 2 | 3 | 2 | 66 | C |
| 77 | EO-15 | Pago de impuestos a las diferentes dependencias por la actividad minera | 3 | 3 | 4 | 2 | 3 | 2 | 99 | C |
| **Abandono** | | | | | | | | | | |
| 78 | FQ-36 | Cambio en la conformación topográfica natural del terreno y de patrones de sedimentación de sustratos | 1 | 3 | 4 | 4 | 2 | 4 | 42 | B |
| 79 | FQ-37 | Alteración de la estabilidad geomorfológica del terreno | 1 | 3 | 4 | 4 | 2 | 4 | 42 | B |

| No | Código§ | Impacto ambiental | Valor de los criterios | | | | | | Evaluación (ES) | Valor alfabético§§ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | A1 | A2 | B1 | B2 | B3 | B4 | | |
| 80 | FQ-38 | Conformación de horizontes del suelo en áreas del desplante | 1 | -1 | 4 | 2 | 2 | 3 | -11 | -A |
| 81 | FQ-39 | Afectación de las propiedades físicas del suelo (Permeabilidad) | 1 | 2 | 4 | 4 | 2 | 3 | 26 | A |
| 82 | FQ-40 | Cambio de las propiedades químicas y biológicas del suelo | 1 | -2 | 4 | 2 | 3 | 3 | -24 | -A |
| 83 | FQ-41 | Alteración de la concentración de partículas sólidas y gases en el aire | 2 | -1 | 4 | 2 | 3 | 2 | -22 | -A |
| 84 | FQ-42 | Generación de ondas acústicas fuertes, no deseadas y desagradables para el sentido | 2 | -1 | 4 | 2 | 3 | 2 | -22 | -A |
| 85 | FQ-43 | Cambio en el comportamiento de factores climáticos | 1 | 2 | 4 | 4 | 2 | 3 | 26 | A |
| 86 | FQ-44 | Aprovechamiento del volumen de agua superficial autorizado para su aprovechamiento | 2 | 2 | 4 | 2 | 2 | 3 | 44 | B |
| 87 | FQ-45 | Alteración de la composición física, química y/o bacteriológica en el agua superficial | 2 | 2 | 4 | 2 | 2 | 3 | 44 | B |
| 88 | FQ-46 | Alteración de la composición física, química y/o bacteriológica en el agua subterránea | 2 | 2 | 4 | 2 | 2 | 2 | 40 | B |
| 89 | FQ-47 | Cambio en los flujos y movimientos de agua superficiales temporales | 1 | 2 | 4 | 4 | 2 | 4 | 28 | A |
| 90 | FQ-48 | Alteración del proceso de infiltración de agua al manto freático | 1 | 2 | 4 | 4 | 2 | 2 | 24 | A |
| 91 | BE-14 | Cambio en la abundancia de individuos de especies de flora silvestre | 1 | 3 | 4 | 4 | 2 | 3 | 39 | B |
| 92 | BE-15 | Modificación de la superficie y distribución de la cobertura y tipo de vegetación | 1 | 3 | 4 | 4 | 2 | 3 | 39 | B |
| 93 | BE-16 | Conservación de ejemplares de flora silvestre de especies en categoría de riesgo | 1 | 3 | 4 | 4 | 2 | 3 | 39 | B |
| 94 | BE-17 | Cambio en el número de individuos de las especies de fauna silvestre | 1 | 2 | 4 | 4 | 2 | 2 | 24 | A |
| 95 | BE-18 | Variación en las áreas de desplazamiento de ejemplares de fauna silvestre | 1 | 3 | 4 | 4 | 2 | 3 | 39 | B |
| 96 | BE-19 | Reacondicionamiento de sitios para refugio, alimentación y reproducción de fauna silvestre | 1 | 2 | 4 | 4 | 2 | 3 | 26 | A |
| 97 | BE-20 | Incidencia en ejemplares de fauna silvestre de especies en categoría de riesgo y relevancia ambiental | 1 | 3 | 4 | 4 | 2 | 3 | 39 | B |
| 98 | SC-15 | Modificación de las cualidades estético-paisajísticas | 1 | 3 | 4 | 4 | 2 | 3 | 39 | B |
| 99 | SC-16 | Impacto en la calidad de vida de los vecinos de las obras | 1 | 3 | 4 | 4 | 2 | 3 | 39 | B |
| 100 | SC-17 | Obtención de recursos minerales del subsuelo | 3 | -3 | 4 | 4 | 2 | 4 | -126 | -D |
| 101 | SC-18 | Ampliación y rehabilitación de las vías de comunicación | 2 | 1 | 4 | 4 | 2 | 1 | 22 | A |
| 102 | EO-16 | Generación de ofertas de trabajo directos e indirectos | 1 | 2 | 3 | 2 | 3 | 3 | 22 | A |
| 103 | EO-17 | Impulso a la economía local y regional por la derrama económica | 2 | 2 | 4 | 2 | 3 | 3 | 48 | B |
| 104 | EO-18 | Desarrollo regional comunitario directo por la actividad minera | 2 | 2 | 4 | 4 | 2 | 3 | 52 | B |

§ Código del componente de evaluación: FQ = Físico / químico; BE = Biológico / ecológico; SC = Sociológico / cultural y, EO = Económico / operacional.

§§ Valor alfabético: A = Impacto ligero; B = Impacto moderado y, C = Impacto significativo. El signo menos que precede a la literal que identifica el valor alfabético hace referencia a impactos adversos o negativos.

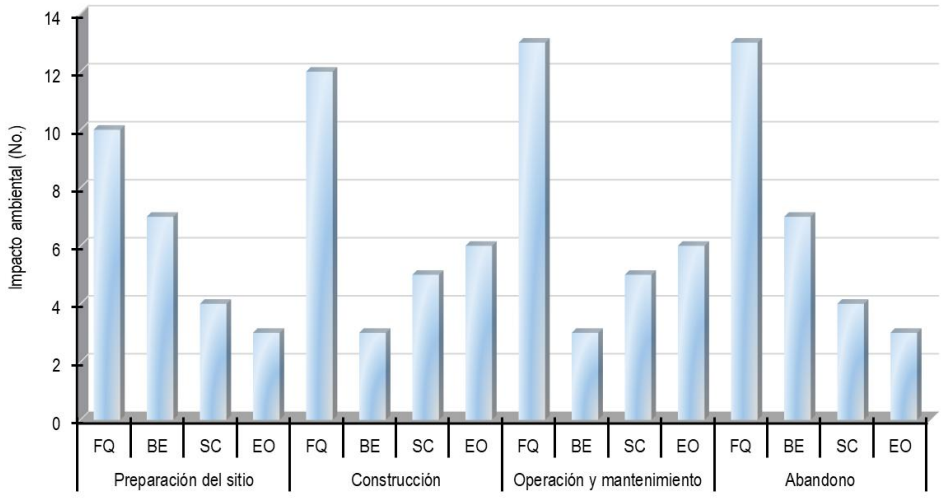
### V.3.6. Resultados de los componentes de evaluación

De los cuatro componentes de evaluación que se consideran para clasificar los impactos ambientales en el RIAM modificado, resultó que el FQ sería el que tendría la mayor afectación, numéricamente hablando, con 48 impactos entre las cuatro etapas de desarrollo, seguido del componente BE con 20 impactos totales (Tabla V.10; Figura V.6). Los componentes de evaluación SC y EO tuvieron mismo número de impactos ambientales potenciales identificados con 18 impactos en las cuatro etapas de desarrollo del proyecto.

Las afectaciones al componente de evaluación FQ es un tanto uniforme entre etapas de desarrollo, en las primeras dos etapas se tienen 10 y 12 impactos ambientales en este componente, respectivamente. Y, en las etapas de operación y mantenimiento y de abandono se tienen 13 impactos, en cada una.

El componente BE, que agrupa los impactos a los factores biológicos del ecosistema, tiene más impactos en las etapas de preparación del sitio y de abandono con siete impactos en cada etapa. En las etapas de construcción y operación y mantenimiento tres en cada una de ellas.

Los 18 impactos que se ocasionan al componente SC durante el desarrollo del proyecto, es en las etapas de construcción y operación y mantenimiento, donde se genera el mayor número de impactos con cinco en cada una de ellas, y cuatro en las etapas de preparación del sitio y abandono, en cada una de ellas. Y, por último, los impactos al componente EO presenta un comportamiento similar al SC, con mayor presencia de impactos en las etapas de construcción y operación y mantenimiento, con seis impactos en cada etapa, y tres en cada una de las otras dos etapas de desarrollo del proyecto.




Componente de evaluación: FQ = Físico / químico; BE = Biológico / ecológico; SC = Sociológico / cultural y, EO = Económico / operacional.

***Figura V. 6. Clasificación de los impactos ambientales identificados a generarse por la realización del proyecto por componente de evaluación y etapa de ejecución.***

## V.4. Impactos ambientales residuales

Los impactos ambientales residuales están definidos en el REIA, en su artículo 3, fracción X, como aquel impacto que persiste después de la aplicación de medidas ambientales ejecutadas para mitigarlo. La persistencia del impacto

ambiental después de haber cesado la actividad que lo origina y haber implementado la medida o conjunto de medidas ambientales para prevenirlo o mitigarlo puede tener tres causas: que la medida no haya sido implementada correctamente; que no haya sido la apropiada o, que el impacto no cuente con una medida o medidas ambientales que sean capaces de mitigarlo, por lo que se tendrían que implementar otro tipo de acciones.

Para señalar los impactos ambientales potenciales a generarse por el desarrollo del proyecto, se retoma el listado de impactos ambientales descritos en el apartado anterior. Como parte de la descripción, se ha hecho referencia a su persistencia, entendida esta como la permanencia del impacto.

La persistencia es un criterio que de acuerdo con la escala de valoración del RIAM modificado se evalúa a través de cuatro escalas (criterio B1 de la metodología modificada del RIAM). La escala 1 hace referencia a que no hay cambio o no aplica. La escala 2 hace referencia a impactos temporales a corto plazo, entendido éste por un periodo de pocas semanas o meses. El impacto temporal a medio término, al que hace referencia la escala 3, implica un periodo de entre 1 y 10 años. Y, por último, la escala 4 hace referencia a un impacto permanente o largo plazo, aclarando que largo plazo implica un impacto que duraría por más de 10 años.

Si bien, persistencia podría usarse como un criterio para evaluar la residualidad del impacto, llegando a considerar un impacto ambiental residual a aquel que está presente en el ambiente por más tiempo de la escala mayor considerada. Para el caso de la valoración del RIAM modificado sería la escala 4 (cuatro) del criterio B1 que hace referencia a un impacto que estaría en el ambiente por un plazo por más de 10 años. Sin embargo, en esta temporalidad se considera el tiempo que estaría manifestándose el impacto, pero no implica que se trate de un impacto ambiental que no sea mitigable en los términos definidos en el artículo 3, fracción X, del reglamento de la LGEEPA en materia de impacto ambiental, ya que un impacto se considera residual cuando este persiste después de haber implementado las medidas ambientales para mitigarlo.

Enfocándonos en los impactos ambientales adversos potenciales identificados y presentados en la Tabla V.10 y valorados con una escala 4 (cuatro), se tiene que todos los impactos ambientales potenciales identificados de generarse en las etapas de preparación del sitio, construcción y operación y mantenimiento se clasifican como impactos permanentes o de largo plazo (> 10 años de permanencia en el ambiente). En la etapa de abandono se tiene que, de los 27 impactos ambientales identificados, 26 se clasifican como permanentes o de largo plazo. Sin embargo, lo que definió su permanencia es el periodo durante el cual se estarían manifestando los impactos, lo cual está acorde con el periodo que comprende la realización de las etapas, no su reversibilidad una vez que se haya parado el agente causal y se haya implementado la medida ambiental.

Del listado de 31 impactos ambientales potenciales a presentarse como consecuencia de la ejecución del proyecto, los cuales está enunciados en la Tabla V.9, se considera que solo cinco tendrían un carácter residual, los cuales se presentan en diversas etapas del proyecto y son ocasionados por diversas actividades, presentándose 18 veces en total (Tabla V.11). Con esto se entiende que, su efecto permanecería aún después de aplicar las medidas ambientales para mitigar su manifestación en el medio ambiente.

De cierta manera, los cuatro impactos ambientales residuales se encuentran relacionados directa o indirectamente. El despalme y nivelación del terreno en área de desplante de obras y las perforaciones y voladuras tienen una afectación directa sobre el horizonte del suelo, la conformación topográfica, la estabilidad geomorfológica, los flujos de la escorrentía y la calidad paisajística que, si bien se pueden implementar medidas ambientales para mitigar el efecto, al final efecto en el ambiente permanecería.

El perfil del suelo, relieve, la estabilidad y el paisaje no retornarían a ser similares al existente previo a darse la afectación.

De igual manera, la operación del tajo y la formación de los sitios de disposición de material estéril y la disposición de material estéril generarían un cambio permanente en la conformación del relieve en el predio, en el perfil del suelo, los flujos de escorrentía y en la unidad paisajística. En la etapa de abandono se implementarían medidas ambientales para mitigar los cambios ambientales en estos sitios, no obstante, dichos cambios no lograrían reverter los efectos en los subfactores ambientales mencionados.

***Tabla V.11. Impactos ambientales residuales identificados y la etapa del proyecto en los que se generan.***

| No | Impacto ambiental | Preparación del sitio | Construcción | Operación y mantenimiento | Abandono |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | Cambio en la conformación topográfica natural del terreno y de patrones de sedimentación de sustratos | X | X | X | X |
| 2 | Alteración de la estabilidad geomorfológica del terreno | --- | X | X | X |
| 3 | Pérdida / conformación de horizontes del suelo en áreas del desplante | X | --- | X | X |
| 4 | Cambio en los flujos y movimientos de agua superficiales temporales | X | X | X | X |
| 5 | Modificación de las cualidades estético - paisajísticas | X | X | X | X |
| **Impactos ambientales por etapa (No.)** | | **4** | **4** | **5** | **5** |
| **Impactos ambientales totales (No.)** | | **18** | | | |

## V.5. Impactos ambientales acumulativos

Los impactos ambientales acumulativos están definidos en el REIA, en su artículo 3, fracción VII, como aquellos impactos que son resultado del incremento de impactos de acciones particulares que interactúan con otros que se efectuaron en el pasado o que están ocurriendo en el presente. Este tipo de impactos se presentan cuando se analizan los impactos ambientales a generarse por un proyecto en particular dentro de un sistema ambiental regional, en el cual convergen otros proyectos.

Este análisis cobra mayor relevancia cuando se trata de proyectos convergentes en la misma región, se relacionan y/o tienen acciones o actividades similares que interactúan en el mismo ecosistema. No obstante, pueden converger proyectos con diferentes objetivos y generar impactos ambientales coincidentes, lo que no los hace excluyentes, sino aditivos.

La acumulabilidad o sinergia de un impacto ambiental es un criterio que de acuerdo con la escala de valoración del RIAM modificado se evalúa a través de cuatro escalas (criterio B3 de la metodología modificada del RIAM). La escala 1 (uno) hace referencia a cuando no hay cambio o no aplica. La escala 2 (dos) se refiere a cuando el impacto ambiental no se considera acumulativo, solo simple, es decir, que no hay interacción con otros impactos. En la escala 3 (tres) ya se considera que el impacto es acumulable, pero la significancia de la interacción es incierta. Finalmente, la escala 4 (cuatro) representa un impacto que se considera acumulativo a los generados por otros proyectos o actividades que ocurren en la misma área.

Se entiende como incierto aquel impacto ambiental que, por su magnitud, forma de manifestarse o sitio de generación no se está seguro de que su presencia vaya a representar un efecto notable debido a la condición actual del ambiente en evaluación.

La identificación de este tipo de impactos potenciales a generarse durante las etapas de desarrollo del proyecto se realiza de igual manera a la efectuada con los impactos ambientales residuales. Es decir, se retoma el listado de impactos ambientales descritos en las fichas técnicas de impactos ambientales, cuyo resultado se resume en la Tabla V.10, en la que, como parte de la descripción, se ha hecho referencia a la acumulabilidad del impacto. Por lo que, retomando los resultados de la tabla indicada, en la Tabla V.12, se presenta el listado de impactos ambientales que fueron valorados en las escalas 3 y 4, impactos ambientales acumulativos, es decir que se considera acumulativo a los generados por otros proyectos o actividades que ocurren en el SAR definido para el proyecto.

De los 104 impactos ambientales totales potenciales identificados a generarse por el desarrollo del proyecto, 64 se consideran como acumulativos, de los cuales 54 se clasificaron como adversos y 10 positivos.

En la etapa de preparación del sitio se tendrían 21 impactos acumulativos, 19 considerados adversos y nueve inciertos. De éstos, 11 son negativos ligeros, siete negativos moderados y solo uno negativo significativo. Este último está relacionado con la afectación a especies de flora silvestre catalogada en categoría de riesgo.

En la etapa de construcción se identificaron 18 impactos acumulativos, de los cuales 15 resultaron ser adversos y tres positivos, y siete clasificados como inciertos. Los impactos adversos se dividieron en: nueve ligeros, cinco moderados y uno significativos. El aprovechamiento del agua del manto acuífero es el impacto ambiental acumulativo significativo.

En la etapa de operación se identificaron 20 impactos ambientales acumulativos, 17 adversos y ocho inciertos. En este caso, los adversos ligeros resultaron ser ocho y nueve moderados.

Por último, en la última etapa de desarrollo del proyecto se identificaron en total cinco impactos acumulativos, todos inciertos, y tres adversos. Los adversos se consideran ligeros y están relacionados con la afectación al aire (calidad y confort sonoro) y a la degradación química del suelo.

***Tabla V.12. Listado de impactos ambientales acumulativos potenciales a presentarse por el desarrollo del proyecto en el polígono del SAR.***

| No | Código§ | Impacto ambiental | Valor de los criterios | | | | | | Evaluación (ES) | Valor alfabético§§ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | A1 | A2 | B1 | B2 | B3 | B4 | | |
| **Preparación del sitio** | | | | | | | | | | |
| 1 | FQ-1 | Cambio en la conformación topográfica natural del terreno y de patrones de sedimentación de sustratos | 1 | -2 | 4 | 4 | 4 | 4 | -32 | -B |
| 2 | FQ-2 | Pérdida de horizontes del suelo en áreas del desplante | 1 | -2 | 4 | 4 | 4 | 3 | -30 | -A |
| 3 | FQ-3 | Afectación de las propiedades físicas del suelo (Permeabilidad) | 1 | -2 | 4 | 4 | 4 | 3 | -30 | -A |
| 4 | FQ-4 | Cambio de las propiedades químicas y biológicas del suelo | 1 | -1 | 4 | 2 | 3 | 2 | -11 | -A |
| 5 | FQ-5 | Alteración de la concentración de partículas sólidas y gases en el aire | 1 | -1 | 4 | 2 | 3 | 2 | -11 | -A |
| 6 | FQ-6 | Generación de ondas acústicas fuertes, no deseadas y desagradables para el sentido | 1 | -1 | 4 | 2 | 3 | 2 | -11 | -A |
| 7 | FQ-7 | Cambio en el comportamiento de factores climáticos | 1 | -2 | 4 | 4 | 3 | 3 | -28 | -A |

| No | Código§ | Impacto ambiental | Valor de los criterios | | | | | | Evaluación (ES) | Valor alfabético§§ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | A1 | A2 | B1 | B2 | B3 | B4 | | |
| 8 | FQ-8 | Alteración de la composición física, química y/o bacteriológica en el agua superficial | 2 | -1 | 4 | 2 | 3 | 2 | -22 | -A |
| 9 | FQ-9 | Cambio en los flujos y movimientos de agua superficiales temporales | 1 | -2 | 4 | 4 | 3 | 4 | -30 | -A |
| 10 | FQ-10 | Alteración del proceso de infiltración de agua al manto freático | 1 | -3 | 4 | 4 | 4 | 4 | -48 | -B |
| 11 | BE-1 | Cambio de la abundancia de individuos de especies de flora silvestre | 1 | -3 | 4 | 4 | 4 | 3 | -45 | -B |
| 12 | BE-2 | Modificación de la superficie y distribución de la cobertura y tipo de vegetación | 1 | -3 | 4 | 4 | 4 | 3 | -45 | -B |
| 13 | BE-3 | Afectación a ejemplares de flora silvestre de especies en categoría de riesgo | 2 | -2 | 4 | 4 | 3 | 3 | -56 | -C |
| 14 | BE-4 | Disminución del número de individuos de las especies de fauna silvestre | 1 | -2 | 4 | 4 | 4 | 3 | -30 | -A |
| 15 | BE-5 | Alteración de las áreas de desplazamiento de ejemplares de fauna silvestre | 1 | -3 | 4 | 4 | 4 | 3 | -45 | -B |
| 16 | BE-6 | Reducción de áreas usadas como refugio, alimentación y reproducción de fauna silvestre | 1 | -2 | 4 | 4 | 4 | 3 | -30 | -A |
| 17 | BE-7 | Afectación a ejemplares de fauna silvestre de especies en categoría de riesgo y relevancia ambiental | 1 | -3 | 4 | 4 | 4 | 3 | -45 | -B |
| 18 | SC-1 | Modificación de las cualidades estético - paisajísticas | 1 | -3 | 4 | 4 | 4 | 4 | -48 | -B |
| 19 | SC-3 | Ampliación y rehabilitación de las vías de comunicación | 1 | -2 | 4 | 4 | 4 | 3 | -30 | -A |
| 20 | EO-1 | Generación de ofertas de trabajo directos e indirectos | 1 | 1 | 4 | 1 | 3 | 2 | 10 | A |
| 21 | EO-2 | Impulso a la economía local y regional por la derrama económica | 1 | 1 | 4 | 1 | 3 | 2 | 10 | A |
| **Construcción del proyecto** | | | | | | | | | | |
| 22 | FQ-11 | Cambio en la conformación topográfica natural del terreno y de patrones de sedimentación de sustratos | 1 | -2 | 4 | 3 | 4 | 4 | -30 | -A |
| 23 | FQ-13 | Afectación de las propiedades físicas del suelo (Permeabilidad) | 1 | -2 | 4 | 4 | 3 | 3 | -28 | -A |
| 24 | FQ-14 | Cambio de las propiedades químicas y biológicas del suelo | 1 | -2 | 4 | 2 | 4 | 2 | -24 | -A |
| 25 | FQ-15 | Alteración de la concentración de partículas sólidas y gases en el aire | 2 | -1 | 4 | 2 | 3 | 2 | -22 | -A |
| 26 | FQ-16 | Generación de ondas acústicas fuertes, no deseadas y desagradables para el sentido | 2 | -1 | 4 | 2 | 3 | 2 | -22 | -A |
| 27 | FQ-17 | Cambio en el comportamiento de factores climáticos | 1 | -2 | 4 | 4 | 3 | 3 | -28 | -A |
| 28 | FQ-18 | Aprovechamiento del volumen de agua superficial autorizado para su explotación | 2 | -2 | 4 | 4 | 4 | 3 | -60 | -C |
| 29 | FQ-19 | Alteración de la composición física, química y/o bacteriológica en el agua superficial | 2 | -1 | 4 | 2 | 4 | 3 | -26 | -A |
| 30 | FQ-21 | Cambio en los flujos y movimientos de agua superficiales temporales | 1 | -3 | 4 | 4 | 4 | 4 | -48 | -B |
| 31 | FQ-22 | Alteración del proceso de infiltración de agua al manto freático | 1 | -3 | 4 | 4 | 4 | 2 | -42 | -B |
| 32 | BE-8 | Disminución del número de individuos de las especies de fauna silvestre | 1 | -1 | 4 | 4 | 4 | 3 | -15 | -A |

| No | Código§ | Impacto ambiental | Valor de los criterios | | | | | | Evaluación (ES) | Valor alfabético§§ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | A1 | A2 | B1 | B2 | B3 | B4 | | |
| 33 | BE-9 | Alteración de las áreas de desplazamiento de ejemplares de fauna silvestre | 1 | -2 | 4 | 4 | 4 | 3 | -30 | -A |
| 34 | BE-10 | Afectación a ejemplares de fauna silvestre de especies en categoría de riesgo y relevancia ambiental | 1 | -3 | 4 | 4 | 4 | 3 | -45 | -B |
| 35 | SC-5 | Modificación de las cualidades estético - paisajísticas | 1 | -3 | 4 | 4 | 4 | 4 | -48 | -B |
| 36 | SC-6 | Impacto en la calidad de vida de los vecinos de las obras | 1 | -3 | 4 | 4 | 3 | 3 | -42 | -B |
| 37 | SC-8 | Ampliación y rehabilitación de las vías de comunicación | 2 | 2 | 4 | 4 | 4 | 2 | 56 | C |
| 38 | EO-5 | Generación de ofertas de trabajo directos e indirectos | 3 | 2 | 4 | 2 | 3 | 3 | 72 | C |
| 39 | EO-6 | Impulso a la economía local y regional por la derrama económica | 3 | 2 | 4 | 2 | 3 | 3 | 72 | C |
| **Operación y mantenimiento** | | | | | | | | | | |
| 40 | FQ-23 | Cambio en la conformación topográfica natural del terreno y de patrones de sedimentación de sustratos | 1 | -3 | 4 | 4 | 4 | 4 | -48 | -B |
| 41 | FQ-25 | Pérdida de horizontes del suelo en áreas del desplante | 1 | -2 | 4 | 4 | 4 | 3 | -30 | -A |
| 42 | FQ-26 | Afectación de las propiedades físicas del suelo (Permeabilidad) | 1 | -2 | 4 | 4 | 3 | 2 | -26 | -A |
| 43 | FQ-27 | Cambio de las propiedades químicas y biológicas del suelo | 1 | -2 | 4 | 2 | 4 | 3 | -26 | -A |
| 44 | FQ-28 | Alteración de la concentración de partículas sólidas y gases en el aire | 2 | -2 | 4 | 2 | 3 | 2 | -44 | -B |
| 45 | FQ-29 | Generación de ondas acústicas fuertes, no deseadas y desagradables para el sentido | 2 | -1 | 4 | 2 | 3 | 2 | -22 | -A |
| 46 | FQ-30 | Cambio en el comportamiento de factores climáticos | 2 | -1 | 4 | 4 | 4 | 3 | -30 | -A |
| 47 | FQ-31 | Aprovechamiento del volumen de agua superficial autorizada para su aprovechamiento | 2 | -2 | 4 | 2 | 4 | 3 | -52 | -B |
| 48 | FQ-32 | Alteración de la composición física, química y/o bacteriológica en el agua superficial | 2 | -2 | 4 | 3 | 3 | 3 | -52 | -B |
| 49 | FQ-33 | Alteración de la composición física, química y/o bacteriológica en el agua subterránea | 2 | -2 | 4 | 3 | 3 | 2 | -48 | -B |
| 50 | FQ-34 | Cambio en el flujo y movimientos de agua superficial temporales | 1 | -3 | 4 | 4 | 4 | 4 | -48 | -B |
| 51 | FQ-35 | Alteración del proceso de infiltración de agua al manto freático | 1 | -2 | 4 | 4 | 4 | 4 | -32 | -B |
| 52 | BE-11 | Disminución del número de individuos de las especies de fauna silvestre | 1 | -1 | 4 | 4 | 4 | 3 | -15 | -A |
| 53 | BE-12 | Alteración de las áreas de desplazamiento de ejemplares de fauna silvestre | 1 | -2 | 4 | 4 | 4 | 3 | -30 | -A |
| 54 | BE-13 | Afectación a ejemplares de fauna silvestre de especies en categoría de riesgo y relevancia ambiental | 1 | -3 | 4 | 4 | 4 | 4 | -48 | -B |
| 55 | SC-10 | Modificación de las cualidades estético-paisajísticas | 1 | -3 | 4 | 4 | 4 | 3 | -45 | -B |
| 56 | SC-11 | Impacto en la calidad de vida de los vecinos de las obras | 1 | -2 | 4 | 4 | 3 | 3 | -28 | -A |
| 57 | SC-13 | Conservación funcional de las vías de comunicación | 2 | 2 | 4 | 4 | 4 | 2 | 56 | C |
| 58 | EO-14 | Pagos gubernamentales por los servicios demandados en diferentes dependencias | 3 | 2 | 4 | 2 | 3 | 2 | 66 | C |
| 59 | EO-15 | Pago de impuestos a las diferentes dependencias por la actividad minera | 3 | 3 | 4 | 2 | 3 | 2 | 99 | C |
| **Abandono** | | | | | | | | | | |

| No | Código§ | Impacto ambiental | Valor de los criterios | | | | | | Evaluación (ES) | Valor alfabético§§ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | A1 | A2 | B1 | B2 | B3 | B4 | | |
| 60 | FQ-40 | Cambio de las propiedades químicas y biológicas del suelo | 1 | -2 | 4 | 2 | 3 | 3 | -24 | -A |
| 61 | FQ-41 | Alteración de la concentración de partículas sólidas y gases en el aire | 2 | -1 | 4 | 2 | 3 | 2 | -22 | -A |
| 62 | FQ-42 | Generación de ondas acústicas fuertes, no deseadas y desagradables para el sentido | 2 | -1 | 4 | 2 | 3 | 2 | -22 | -A |
| 63 | EO-16 | Generación de ofertas de trabajo directos e indirectos | 1 | 2 | 3 | 2 | 3 | 3 | 22 | A |
| 64 | EO-17 | Impulso a la economía local y regional por la derrama económica | 2 | 2 | 4 | 2 | 3 | 3 | 48 | B |

§ Código del componente de evaluación: FQ = Físico / químico; BE = Biológico / ecológico; SC = Sociológico / cultural y, EO = Económico / operacional.

§§ Valor alfabético: A = Impacto ligero; B = Impacto moderado y, C = Impacto significativo. El signo menos que precede a la literal que identifica el valor alfabético hace referencia a impactos adversos o negativos.

Si bien, Gómez – Orea (1999) determina que no todos los impactos deben estudiarse con la misma intensidad, sino que conviene centrarse sobre los impactos más importantes. Por ello, recomienda hacer un "cribado" para seleccionar los que, en principio y con la información de que se dispone, se estimen significativos. Sin restarle importancia a esta recomendación, en la presentación de los impactos ambientales residuales y acumulativos se decidió presentar todos los identificados en estas categorías de impactos independientemente del nivel de su significancia para guardar la coherencia con los resultados de las fichas descriptivas de los impactos ambientales. Por lo que, de las tablas anteriores, lo recomendable es enfocarse en los impactos ambientales de acuerdo con su nivel de significancia.

## V.6. Impactos ambientales del proyecto "Distrito Minero Autlán"

Como se ha manifestado a lo largo de la presente MIA-R, el proyecto **"Distrito Minero Autlán"** consiste en la integración de las obras, actividades y superficies actualmente autorizadas en la materia como parte de los proyectos **"Tajo Naopa"**, **"Tajo Acuatitla"** y **"Modificación del Proyecto Tajo Naopa"**, gestionados por la **Compañía Minera Autlán**, así como de sus modificaciones y adiciones de nuevas áreas, obras y actividades.

En el análisis de este capítulo se ha considerado el universo de obras y actividades del Distrito Minero, incluyendo tanto lo construido y realizado antes de la LGEEPA, lo ya autorizado y lo nuevo. La identificación de impactos ambientales del proyecto sometido a evaluación consideró el análisis de los medios, factores y subfactores ambientales, asumiendo cada atributo como el impacto ambiental a evaluar, de acuerdo con la matriz cuantitativa de impactos ambientales, incluidos en la evaluación de impactos efectuada para cada uno de los proyectos sometidos a evaluación.

El análisis de identificación de los impactos en el presente estudio incluyó como punto de partida los impactos ambientales identificados en las MIA-G de los proyectos **"Tajo Naopa"** y **"Tajo Acuatitla"**, así como el DTU, modalidad A, del proyecto "**Modificación del Proyecto Tajo Naopa"**. No obstante, se consideró conveniente hacer un arreglo en la presentación de los impactos. Esta modificación no implica que se haya excluido alguno de los impactos ambientales identificados, sino que estos fueron analizados como parte de las afectaciones a la nueva clasificación de los aspectos ambientales (componentes, factores y subfactores) y las obras y actividades del proyecto como agentes generadores de los impactos.

Cabe hacer mención que, los proyecto **"Tajo Naopa"** y **"Tajo Acuatitla"** fueron evaluados en 1997 y, para ese entonces, las metodologías que había para la evaluación de impactos ambientales aún no estaban tan desarrolladas y no eran tan diversas como las que contamos en la actualidad. Es precisamente a finales de los 90's y principios del presente siglo que se desarrollaron varias de las metodologías semicuantitativas de evaluación de impactos ambientales, cuando previamente predominaban las metodologías cualitativas. Además de la diferencia de otorgar una valoración numérica al impacto, las metodologías actuales llevan a ser más exhaustivos en la identificación de los impactos ambientales potenciales.

Esta diferencia entre metodologías y procedimientos de identificación y evaluación de impactos ambientales representa una limitante cuando se trata de integrar los diferentes análisis. Pareciera ser que, proyectos evaluados con solo metodologías cualitativas pasaban por alto la identificación de algunos impactos ambientales potenciales a generarse por la realización de algunas obras y actividades.

Aunado a lo anterior, las primeras guías para la presentación de las manifestaciones de impacto ambiental publicadas por la SEMARNAT se publicaron en el 2002. Estas guías tuvieron como objetivo el dejar claro el contenido mínimo necesario de una manifestación, el nivel de detalle esperado y uniformizar el contenido de las manifestaciones. De esta forma, existen mayores posibilidades de poder comparar o integrar los análisis entre diferentes estudios complementarios o no.

Para ejemplificar la diferencia de criterios de análisis en la identificación de impactos, se tiene que en los proyectos que se integran se consideraron agentes generadores de impactos como efecto o impacto ambiental. Entre ellos tenemos: Generación de residuos peligrosos, generación de residuos sólidos municipales, generación de residuos de manejo especial, movimiento de tierras, generación de aguas sanitarias, riesgo de derrumbes, riesgo de deslaves, tránsito de maquinaria pesada (Tabla V.13). Además, algunos impactos ambientales identificados son poco claros o muy generales, como afectaciones a la flora silvestre, afectaciones a la fauna silvestre y movimiento de tierras.

El análisis de impactos relacionados con el proyecto "Tajo Acuatitla" incluye los impactos de la modificación solicitada al proyecto, ya que se presentó como un trámite asociado al proyecto originalmente sometido al procedimiento de evaluación. En el caso del proyecto "Tajo Naopa", los impactos ambientales se presentan de manera independiente del proyecto "Modificación Tajo Naopa", ya que fueron presentado al procedimiento de evaluación y dictaminación como trámites independientes.

***Tabla V.13. Relación de impactos ambientales identificados entre los estudios de impacto ambiental "Tajo Naopa", "Tajo Acuatitla" y "Modificación del Proyecto Tajo Naopa" (columnas) y "Distrito Minero Autlán" (filas).***

| Factor | Subfactor | Efecto/Impacto | Impacto identificado | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | Tajo Acuatitla | Tajo Naopa | Mod. Tajo Naopa |
| Fisiografía | Estabilidad geomorfológica | Alteración de la estabilidad geomorfológica del terreno | X | --- | --- |
| Suelo | Alteración de las propiedades físicas | Compactación del terreno por tránsito de maquinaria pesada | X | X | X |
| | Degradación química | Contaminación del suelo por derrame de hidrocarburos | X | X | --- |
| | | Generación de residuos peligrosos | X | X | --- |
| | | Generación de residuos de manejo especial | X | X | --- |
| | | Generación de residuos sólidos municipales | X | X | --- |
| | | Generación de aguas sanitarias | X | X | --- |
| | Pérdida de la capa superficial del suelo | Movimiento de tierras | X | X | --- |
| | | Pérdida de suelo fértil | X | X | X |
| | | Riesgo de derrumbes | X | X | --- |
| | | Riesgo de deslaves | X | X | X |
| | | Generación de material estéril | X | X | --- |
| Aire | Calidad | Emisiones a la atmósfera por acarreo de material | X | X | X |
| | | Emisiones a la atmósfera por vehículos y maquinaria | X | X | --- |
| | Ruido | --- | --- | --- | X |
| Agua | Calidad | --- | --- | --- | X |
| | Recarga | --- | --- | --- | X |
| | Drenaje | --- | --- | --- | X |
| | Modificación del flujo superficial | Afectaciones a los recursos hidrológicos por modificación de la topografía | X | X | --- |
| Biótico | Flora | Diversidad | --- | --- | X |

| Factor | Subfactor | Efecto/Impacto | Impacto identificado | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | Tajo Acuatitla | Tajo Naopa | Mod. Tajo Naopa |
| | | Abundancia | --- | --- | X |
| | | Cambio de uso de suelo en terrenos forestales | X | X | --- |
| | | Afectaciones a la flora silvestre | X | X | --- |
| | Fauna | Migración | --- | --- | X |
| | | Abundancia | --- | --- | X |
| | | Hábitat | --- | --- | X |
| | | Afectaciones a la fauna silvestre | X | X | --- |
| Base paisajística | Calidad estético - paisajística | Modificación de las cualidades estético - paisajísticas | X | --- | --- |
| Seguridad | Riesgo de accidentes | Por utilización de explosivos durante la explotación del recurso | X | X | --- |
| | | Tránsito de maquinaria pesada | X | X | --- |
| Socioeconómicos y culturales | Población | Generación de empleos | X | X | X |
| | | Nivel de ingresos | --- | --- | X |
| | | Accidentes | --- | --- | X |
| | | Paisaje | --- | --- | X |
| | | Riesgos | --- | --- | X |

En la Tabla V.14 se hace una relación de la identificación de impactos ambientales de los tres proyectos que se integran en este estudio elaborado para el proyecto "Distrito Minero Autlán". De dicho análisis, pareciera ser que se han identificado nuevos impactos ambientales o impactos ambientales no manifestados previamente. No obstante, esta diferencia entre los impactos ambientales identificados en este estudio y los mencionados previamente está más relacionado con la metodología empleada, la definición del detalle del análisis en la identificación de impactos y la diferencia de criterios en la identificación de impactos.

En este estudio se está utilizando una técnica que integra diferentes metodologías complementarias en la identificación de impactos, es más clara la identificación de impactos y permite una mayor profundidad en el análisis.

Como se ha manifestado a lo largo de la presente Manifestación de Impacto Ambiental, el proyecto **Distrito Minero Autlán** consiste en la integración de superficies que operan antes de la publicación de la LGEEPA, otras actualmente autorizadas en la materia y considera la adición de áreas y, además, obras nuevas para darle certeza jurídica a la continuidad operativa de la Unidad Minera.

En el análisis de este capítulo se ha considerado el universo de obras y actividades del distrito minero, incluyendo tanto lo ya autorizado como lo nuevo y lo construido antes de la LGEEPA. No obstante, en la Tabla V.14 se hace un resumen de la naturaleza de los impactos ambientales que fueron identificados o referidos en los documentos sometidos al procedimiento de evaluación y dictaminación en materia de impacto ambiental de cada proyecto previo y que fueron consignados en los oficios resolutivos. En este caso, es importante resaltar que, los proyectos que cuentan con autorización en materia de impacto ambiental fueron evaluados y dictaminados en oficinas centrales, por la entonces Dirección General de Ordenamiento Ecológico e Impacto Ambiental, ahora Dirección General de Impacto y Riesgo Ambiental, y por la entonces Delegación Federal de la SEMARNAT en el Estado de Hidalgo, ahora Representación Federal de la SEMARNAT.

En el ejercicio de identificación de impactos ambientales del proyecto se reportan 31 impactos ambientales potenciales a generarse, con la posibilidad de presentarse en al menos una de las cuatro etapas en las que se dividió el desarrollo del proyecto. Al ser un proyecto integrador se deben incluir los impactos ambientales identificados en los proyectos que forman parte del análisis; no obstante, en el presente análisis se excluyen dos impactos ambientales identificados en los proyectos "Tajo Acuatitla" y "Tajo Naopa", y ocho del proyecto de "Modificación Tajo Naopa".

Los dos impactos excluidos de los proyectos "Tajo Acuatitla" y "Tajo Naopa" no se analizaron porque se considera que la afectación a la diversidad de flora silvestre como la migración de fauna silvestre no serán afectadas por el desarrollo del proyecto.

En lugar de la afectación a la diversidad de flora silvestre, se tiene la afectación a la abundancia de especies de flora silvestre. Para afectar la diversidad se tendría que afectar todo un tipo de vegetación o una región específica donde crece una determina especie, efecto que no tendrá el desarrollo del proyecto. Y, por otro lado, el proyecto no generaría la migración de fauna silvestre, en su lugar, el efecto potencial que generaría el desarrollo del proyecto sería el desplazamiento de fauna silvestre presente en las áreas de actividades hacia áreas de conservación dentro del SAR donde tendrían las condiciones para su desarrollo.

*Tabla V.14. Naturaleza de los impactos ambientales identificados en proyectos previos y en el presente.*

| No | Impacto ambiental | Distrito Minero Autlán | Tajo Acuatitla | Tajo Naopa | Modificación Tajo Naopa |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | Cambio en la conformación topográfica natural del terreno y de patrones de sedimentación de sustratos. | X | X | --- | --- |
| 2 | Alteración de la estabilidad geomorfológica del terreno. | X | X | X | X |
| 3 | Pérdida / conformación de horizontes del suelo en áreas del desplante. | X | X | X | X |
| 4 | Afectación de las propiedades físicas del suelo. | X | X | X | X |
| 5 | Cambio de las propiedades químicas y biológicas del suelo. | X | --- | --- | X |
| 6 | Alteración de la concentración de partículas sólidas y gases en el aire. | X | X | X | X |
| 7 | Generación de ondas acústicas fuertes, no deseadas y desagradables para el sentido. | X | X | X | --- |
| 8 | Cambio en el comportamiento de factores climáticos. | X | --- | --- | --- |
| 9 | Aprovechamiento del volumen de agua superficial autorizado para su explotación. | X | --- | --- | --- |
| 10 | Alteración de la composición fisicoquímica y/o bacteriológica en el agua superficial. | X | X | X | --- |
| 11 | Alteración de la composición fisicoquímica y/o bacteriológica en el agua subterránea. | X | X | X | --- |
| 12 | Cambio en los flujos y movimientos de agua superficiales temporales. | X | X | X | X |
| 13 | Alteración del proceso de infiltración de agua al manto freático. | X | X | X | --- |
| 14 | Cambio en la abundancia de individuos de especies de flora silvestre. | X | X | X | --- |
| 15 | Modificación de la superficie y distribución de la cobertura y tipo de vegetación. | X | --- | --- | --- |
| 16 | Afectación a ejemplares de flora silvestre de especies en categoría de riesgo. | X | --- | --- | --- |

| No | Impacto ambiental | Distrito Minero Autlán | Tajo Acuatitla | Tajo Naopa | Modificación Tajo Naopa |
|---|---|---|---|---|---|
| 17 | Disminución del número de individuos de las especies de fauna silvestre. | X | X | X | --- |
| 18 | Alteración de las áreas de desplazamiento de ejemplares de fauna silvestre. | X | X | X | --- |
| 19 | Reducción de áreas usadas como refugio, alimentación y reproducción de fauna silvestre. | X | X | X | --- |
| 20 | Afectación a ejemplares de fauna silvestre de especies en categoría de riesgo y relevancia ambiental. | X | --- | --- | --- |
| 21 | Modificación de las cualidades estético – paisajísticas. | X | X | X | --- |
| 22 | Impacto en la calidad de vida de los vecinos de las obras. | X | --- | --- | --- |
| 23 | Obtención de recursos minerales del subsuelo. | X | --- | --- | X |
| 24 | Ampliación y rehabilitación de las vías de comunicación. | X | --- | --- | --- |
| 25 | Incremento de la población económicamente activa externa que demanda bienes, servicios y empleo. | X | --- | --- | --- |
| 26 | Generación de ofertas de trabajo directos e indirectos. | X | X | X | X |
| 27 | Impulso a la economía local y regional por la derrama económica. | X | X | X | --- |
| 28 | Incremento de riesgos por accidentes. | X | X | X | X |
| 29 | Desarrollo regional comunitario directo por la actividad minera. | X | --- | --- | --- |
| 30 | Pagos gubernamentales por los servicios demandados en diferentes dependencias. | X | --- | --- | --- |
| 31 | Pago de impuestos a las diferentes dependencias por los servicios brindados. | X | --- | --- | --- |
| 32 | Cambio en la diversidad de flora silvestre. | --- | X | X | --- |
| 33 | Migración de fauna silvestre. | --- | X | X | --- |
| 34 | Generación de residuos peligrosos. | --- | --- | --- | X |
| 35 | Generación de residuos de manejo especial. | --- | --- | --- | X |
| 36 | Generación de residuos sólidos municipales. | --- | --- | --- | X |

| No | Impacto ambiental | Distrito Minero Autlán | Tajo Acuatitla | Tajo Naopa | Modificación Tajo Naopa |
|---|---|---|---|---|---|
| 37 | Generación de aguas sanitarias. | --- | --- | --- | X |
| 38 | Generación de material estéril. | --- | --- | --- | X |
| 39 | Riesgos de derrumbes y deslaves. | --- | --- | --- | X |
| 40 | Afectaciones a la flora silvestre. | --- | --- | --- | X |
| 41 | Afectaciones a la fauna silvestre. | --- | --- | --- | X |
| **Impactos ambientales (No.)** | | **31** | **20** | **19** | **17** |

En el caso de los impactos ambientales identificados en el proyecto "Modificación del Tajo Naopa" que no se incluyeron explícitamente en el análisis de este proyecto, específicamente los referidos como generación de residuos, aguas sanitarias y material estéril, es porque esos no son impactos ambientales, sino agentes generadores de impactos ambientales. Entre los impactos ambientales potenciales que estos agentes generadores ocasionan son el cambio de las propiedades químicas y biológicas del suelo y la alteración de la calidad del agua, tanto superficial como subterránea. Mismo caso son los identificados como riesgos de derrumbes y riesgo de deslaves.

En el caso de los impactos ambientales identificados como "Afectaciones a la flora silvestre" y "Afectaciones a la fauna silvestre", son muy generales y ambiguos y no hacen referencia específica del subfactor ambiental o impactos ambientales específicos que se generarían.

## V.7. Impactos ambientales a nivel del SAR

Para poder evaluar la acumulabilidad y residualidad de los impactos ambientales identificados y descritos en los apartados anteriores, es importante tomar en cuenta las principales obras y actividades que se han desarrollado y de aquellas que actualmente tienen lugar en el SAR. Este análisis se realiza con base en impactos ambientales tipo, acorde con la naturaleza de los proyectos identificados y los ecosistemas en los cuales se encuentran inmersos con base en los identificados en la región de interés.

En este caso, el SAR se definió tomando como base principal la conformación de las unidades de gestión ambiental del Programa de Ordenamiento Ecológico Territorial del Estado de Hidalgo, publicado en el Periódico Oficial del Estado del Hidalgo el 25 de febrero de 2022. En el interior del polígono delimitado existen áreas representativas de las comunidades vegetales dominantes en la región: a) Bosque Mesófilo de Montaña (BMM); b) Bosque de Encino; c) Bosque de Encino-Pino; d) Bosque de Pino-Encino; e) Vegetación Secundaria Arbórea de Bosque Mesófilo de Montaña; f) Vegetación Secundaria Arbórea de Selva Alta Perennifolia; g) Vegetación Secundaria Arbustiva de Bosque de Encino; h) Vegetación Secundaria Arbustiva de Bosque Mesófilo de Montaña, i) Vegetación Secundaria Arbustiva de Selva Alta Perennifolia; j) Vegetación Secundaria Herbácea de Selva Alta Perennifolia, y, k) Pastizal Inducido (Tabla IV.40). Adicionalmente, existen áreas en las cuales ya se llevó el cambio de uso de suelo para el desarrollo de proyectos de importancia regional, estatal y nacional, como lo es la construcción de diversas vías de comunicación, líneas de transmisión y distribución de energía eléctrica y telefónicas, establecer asentamientos humanos, así como áreas para actividades agropecuarias que practican los pobladores de las localidades asentadas en la región.

Al evaluar el grado de los impactos ambientales se tomó en cuenta el estado de conservación actual de los componentes ambientales descritos en el capítulo IV y la representatividad de las obras y actividades que se planea realizar por el desarrollo del proyecto, con respecto a las que en la actualidad se llevan a cabo. Bajo este contexto fue que se asignaron los valores de los criterios en la valoración de los impactos ambientales potenciales y se obtuvieron los reportados en las fichas descriptivas de impactos.

En el análisis de identificación de impactos ambientales acumulativos y residuales del SAR se consideraron las principales obras y actividades que se han identificado como las principales generadoras de impactos ambientales: a) Desarrollo de zonas urbanas (habitacionales); b) Construcción y operación de vías de comunicación; c) Actividades agropecuarias de temporal, d) Infraestructura de servicios urbanos; e) Construcción y operación de líneas de transmisión y conducción de energía eléctrica y de telefonía, y, f) Instalación y operación de líneas de distribución de gas natural. En la Tabla V.15 se presentan los resultados de los impactos ambientales acumulativos y residuales que se tienen por el desarrollo de estas obras y actividades.

Los municipios que forman parte del SAR tienen como característica común que sus principales actividades económicas están relacionadas con el comercio a pequeña escala, principalmente para abastecer las necesidades de la población, y las actividades agropecuarias de temporal anual y permanente. Los cultivos anuales de temporal que se producen en la región para el autoconsumo y comercialización a pequeña escala, entre estos tenemos la producción de maíz, frijol, haba, alverjón, chile, tomate y calabaza, con predominancia del sistema roza – tumba – quema y herramienta manual. Entre los cultivos perennes y semipermanentes que se desarrollan tenemos la producción de caña de azúcar, café, aguacate, naranja, limón, durazno y chabacano.

Por otro lado, las actividades pecuarias están relacionadas principalmente con sistemas de producción extensivos de bovinos para carne, becerros para engorda y leche. Las razas predominantes son las cebuinas y sus cruzas con charoláis. También existen pequeños productores de ovinos, caprinos y cerdos, mientras que la producción de aves es para autoconsumo a nivel de traspatio.

Del ejercicio realizado, se identificaron 26 impactos ambientales acumulativos y/o residuales, los cuales pueden estar asociados a una o más de las seis actividades identificadas como las principales generadoras de impactos. El desarrollo de asentamientos humanos (localidades) es el que presenta un mayor número de impactos ambientales acumulativos y/o residuales, generando 24 de los 26 identificados, seguido por la construcción y operación de vías de comunicación y las actividades agropecuarias de temporal con 18. La construcción y operación de líneas de transmisión y conducción de energía eléctrica y de telefonía resulta ser de los proyectos que se han desarrollado en el SAR que menos impactos ambientales se le asociación, habiendo identificado 10 de los 26 potenciales identificados.

***Tabla V.15. Identificación de obras y actividades generadoras de impactos ambientales acumulativos y residuales en el contexto del SAR definido para el desarrollo del proyecto.***

| Obras y actividades actuales | Componente ambiental | Impacto ambiental | Tipo | Relación de impactos | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | Duración | Extensión | Intensidad | Efecto | Indicador de impacto y cambio climático |
| Desarrollo de zonas urbanas | Fisiografía - relieve | Alteración de la conformación topográfica | Acumulativo y residual | Permanente | Regional | Moderada | Adverso | Cambio en el grado de pendiente y superficie afectada (ha) con respecto al total. |
| | Suelo - propiedades físicas | Afectación de las propiedades físicas | Acumulativo y residual | Permanente | Regional | Moderada | Adverso | Valores de referencia en la NOM-021-RECNAT-2000; USDA (1999); Cuanalo (1981); IUSS Working Group WRB (2015); FAO (2020). |
| | Suelo - propiedades químicas | Cambio de las propiedades químicas | Acumulativo | Permanente | Regional | Mínima | Adverso | Valores de referencia en la NOM-021-RECNAT-2000. Cuanalo (1981); Perevochtchikova (2013), refiere que el indicador ambiental para la evaluación del impacto de los residuos, tanto de los que denomina como industriales, como de los orgánicos, es su producción ($m^3$), así como su reciclaje (proporción del volumen que es generado que es reciclado, %); FAO (2020) |
| | Suelo - Erosión | Pérdida parcial o total de horizontes | Acumulativo | Temporal | Regional | Mínima | Adverso | Valores de referencia y procedimiento en Renard *et al.* (1997) y Montes-León *et al.* (2011). |
| | Aire - Calidad | Alteración de la concentración de partículas sólidas y gases | Acumulativo | Permanente | Regional | Mínima | Adverso | Valores de referencia y procedimiento en: NOM-041-SEMARNAT-2015; NOM-042-SEMARNAT-2003 y NOM-045-SEMARNAT-2017; NOM-022-SSA1-2019; NOM-023-SSA1-2021; NOM-025-SSA1-2021. |
| | Aire - Confort sonoro | Generación de ondas acústicas fuertes, no deseadas y desagradables para el sentido | Acumulativo | Permanente | Regional | Moderada | Adverso | Valores de referencia y procedimiento en: NOM-080-SEMARNAT-1994; NOM-081-SEMARNAT-1994 y su acuerdo mediante el cual se modifica su numeral 5.4; WHO (1999). |
| | Aire - Clima | Cambio en el comportamiento de factores climáticos | Acumulativo | Permanente | Local | Mínimo | Adverso | Registro de comportamiento de factores climáticos. |
| | Agua - calidad | Cambio en la composición física, química y/o bacteriológica en el agua | Acumulativo | Permanente | Regional | Moderada | Adverso | Valores de referencia y procedimiento en: NOM-001-SEMARNAT-1996 y NOM-01-SEMARNAT-2021; NOM-002-SEMARNAT-1996; NOM-003-SEMARNAT-1997; NOM-004-SEMARNAT-2002; NOM-127-SSA1-1994; OMS (2006). |
| | Agua - disponibilidad | Incremento en el consumo de agua del manto freático | Acumulativo y residual | Permanente | Regional | Alta | Adverso | Disponibilidad de agua del acuífero, según lo indicado en los acuerdos por los que se actualiza la disponibilidad media anual de agua subterránea de los acuíferos del país en el Diario Oficial de la Federación. El actual fue publicado el 09 de noviembre de 2023; CONAGUA (2012). |

| Obras y actividades actuales | Componente ambiental | Impacto ambiental | Tipo | Relación de impactos | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | Duración | Extensión | Intensidad | Efecto | Indicador de impacto y cambio climático |
| | Agua – modificación de flujos | Cambio en los flujos y movimientos de agua superficiales | Acumulativo | Permanente | Local | Moderada | Adverso | Superficie afectada y número y nivel de cuerpos de agua superficiales afectados. |
| | Agua – Recarga del manto freático | Alteración del proceso de infiltración de agua al manto freático | Acumulativo | Permanente | Regional | Moderado | Adverso | Superficie con desplante de infraestructura permanente. |
| | Flora - abundancia | Disminución del número de individuos de las especies de flora silvestre | Acumulativo y residual | Permanente | Regional | Alta | Adverso | Densidad (individuos $ha^{-1}$) y diversidad (número de especies), por asociación vegetal de acuerdo con trabajos de investigación en la región; Ferro-Díaz (2015) y Alanís *et al.* (2020). |
| | Flora - cobertura | Modificación de la superficie con cobertura vegetal | Acumulativo y residual | Permanente | Regional | Alta | Adverso | Superficie por afectar por tipo de asociación vegetal presente en la región de referencia; Ferro-Díaz (2015) y Alanís *et al.* (2020), así como de protocolos generales (Botello *et al.*, 2022a, b). |
| | Flora - especies en riesgo | Afectación a ejemplares de flora silvestre de especies en categoría de riesgo | Acumulativo y residual | Permanente | Regional | Mínima | Adverso | Especies e individuos por afectar en categoría de riesgo de acuerdo con el listado de la NOM-059-SEMARNAT-2010. |
| | Fauna - abundancia y diversidad | Disminución del número de individuos de las especies de fauna silvestre | Acumulativo y residual | Permanente | Regional | Moderada | Adverso | Flores-Villela *et al.* (1991); Ceballos y Oliva (2005); Ramírez-Pulido *et al.* (2005). El procedimiento de monitoreo análisis de resultados y formatos de campo están descritos en FMCN *et al.* (2018), así como de protocolos generales (Botello *et al.*, 2022a, b). |
| | Fauna - movilidad | Alteración de las áreas de desplazamiento de ejemplares de fauna silvestre | Acumulativo y residual | Permanente | Regional | Alta | Adverso | Número de áreas con funcionalidad ambiental para el desarrollo de fauna silvestre y nivel de conectividad entre las mismas. |
| | Fauna - Disponibilidad de hábitat | Reducción de áreas usadas como refugio, alimentación y reproducción de fauna silvestre | Acumulativo y residual | Permanente | Regional | Alta | Adverso | Proporción de áreas con funcionalidad ambiental para brindar servicios a la fauna silvestre. |
| | Fauna - Especies en riesgo | Afectación a ejemplares de fauna silvestre de especies en categoría de riesgo | Acumulativo y residual | Permanente | Regional | Mínima | Adverso | Especies e individuos por afectar en categoría de riesgo de acuerdo con el listado de la NOM-059-SEMARNAT-2010. El procedimiento de monitoreo análisis de resultados y formatos de campo están descritos en FMCN *et al.* (2018). |
| | Paisaje - Calidad | Modificación de las cualidades estético - paisajísticas | Acumulativo y residual | Permanente | Regional | Alta | Adverso | Conformación de las unidades de paisaje (Muñoz-Pedrero, 2004). |
| | Paisaje - Capacidad visual | Afectación de la calidad de vida de los vecinos de las obras | Acumulativo y residual | Permanente | Regional | Alta | Adverso | Conformación de las unidades de paisaje (Muñoz-Pedrero, 2004). |

| Obras y actividades actuales | Componente ambiental | Impacto ambiental | Tipo | Relación de impactos | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | Duración | Extensión | Intensidad | Efecto | Indicador de impacto y cambio climático |
| | Uso de suelo - Habitacional | Incremento de ofertas para viviendas | Acumulativo y residual | Permanente | Regional | Alta | Benéfico | Superficie sometida al cambio de uso de suelo para el desarrollo de zonas urbanas o habitacionales. |
| | Uso de suelo - Infraestructura urbana | Habilitación de áreas para beneficio de la población | Acumulativo y residual | Permanente | Regional | Alta | Benéfico | Superficie sometida al cambio de uso de suelo para el desarrollo de infraestructura urbana. |
| | Población - Empleos | Incremento de ofertas de trabajo directos e indirectos | Acumulativo | Temporal | Regional | Alta | Benéfico | Reportes de generación de empleos del IMSS e INEGI. |
| | Población - Derrama económica | Impulso a la economía local y regional por la derrama económica | Acumulativo | Temporal | Regional | Alta | Benéfico | Reportes económicos de la Secretaría de Economía, INEGI y Banco de México. |
| Construcción y operación de vías de comunicación | Fisiografía - relieve | Alteración de la conformación topográfica | Acumulativo y residual | Permanente | Regional | Moderada | Adverso | Cambio en el grado de pendiente y superficie afectada (ha) con respecto al total. |
| | Suelo - propiedades físicas | Afectación de las propiedades físicas | Acumulativo y residual | Permanente | Regional | Moderada | Adverso | Valores de referencia en la NOM-021-RECNAT-2000; USDA (1999); Cuanalo (1981); IUSS Working Group WRB (2015); FAO (2020). |
| | Suelo - propiedades químicas | Cambio de las propiedades químicas | Acumulativo | Temporal | Regional | Mínima | Adverso | Valores de referencia en la NOM-021-RECNAT-2000. Cuanalo (1981); Perevochtchikova (2013), refiere que el indicador ambiental para la evaluación del impacto de los residuos, tanto de los que denomina como industriales, como de los orgánicos, es su producción ($m^3$), así como su reciclaje (proporción del volumen que es generado que es reciclado, %); FAO (2020) |
| | Suelo - Erosión | Pérdida parcial o total de horizontes | Acumulativo | Temporal | Regional | Mínima | Adverso | Valores de referencia y procedimiento en Renard *et al.* (1997) y Montes-León *et al.* (2011). |
| | Aire - Calidad | Alteración de la concentración de partículas sólidas y gases | Acumulativo | Permanente | Regional | Alta | Adverso | Valores de referencia y procedimiento en: NOM-041-SEMARNAT-2015; NOM-042-SEMARNAT-2003 y NOM-045-SEMARNAT-2017; NOM-022-SSA1-2019; NOM-023-SSA1-2021; NOM-025-SSA1-2021. |
| | Aire - Confort sonoro | Generación de ondas acústicas fuertes, no deseadas y desagradables para el sentido | Acumulativo | Permanente | Regional | Alta | Adverso | Valores de referencia y procedimiento en: NOM-080-SEMARNAT-1994; NOM-081-SEMARNAT-1994 y su acuerdo mediante el cual se modifica su numeral 5.4; WHO (1999). |
| | Aire - Clima | Cambio en el comportamiento de factores climáticos | Acumulativo | Permanente | Local | Mínimo | Adverso | Registro de comportamiento de factores climáticos. |
| | Agua – modificación de flujos | Cambio en los flujos y movimientos de agua superficiales | Acumulativo | Permanente | Local | Moderada | Adverso | Superficie afectada y número y nivel de cuerpos de agua superficiales afectados. |

| Obras y actividades actuales | Componente ambiental | Impacto ambiental | Tipo | Relación de impactos | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | Duración | Extensión | Intensidad | Efecto | Indicador de impacto y cambio climático |
| | Agua – Recarga del manto freático | Alteración del proceso de infiltración de agua al manto freático | Acumulativo | Permanente | Local | Moderado | Adverso | Superficie con desplante de infraestructura permanente. |
| | Flora - abundancia | Disminución del número de individuos de las especies de flora silvestre | Acumulativo y residual | Permanente | Regional | Alta | Adverso | Densidad (individuos $ha^{-1}$) y diversidad (número de especies), por asociación vegetal de acuerdo con trabajos de investigación en la región; Ferro-Díaz (2015) y Alanís *et al.* (2020). |
| | Flora - cobertura | Modificación de la superficie con cobertura vegetal | Acumulativo y residual | Permanente | Regional | Alta | Adverso | Superficie por afectar por tipo de asociación vegetal presente en la región de referencia; Ferro-Díaz (2015) y Alanís *et al.* (2020), así como de protocolos generales (Botello *et al.*, 2022a, b). |
| | Flora - especies en riesgo | Afectación a ejemplares de flora silvestre de especies en categoría de riesgo | Acumulativo y residual | Permanente | Regional | Mínima | Adverso | Especies e individuos por afectar en categoría de riesgo de acuerdo con el listado de la NOM-059-SEMARNAT-2010. |
| | Fauna - abundancia | Disminución del número de individuos de las especies de fauna silvestre | Acumulativo y residual | Permanente | Regional | Alta | Adverso | Flores-Villela *et al.* (1991); Ceballos y Oliva (2005); Ramírez-Pulido *et al*. (2005). El procedimiento de monitoreo análisis de resultados y formatos de campo están descritos en FMCN *et al.* (2018), así como de protocolos generales (Botello *et al.*, 2022a, b). |
| | Fauna - movilidad | Alteración de las áreas de desplazamiento de ejemplares de fauna silvestre | Acumulativo y residual | Permanente | Regional | Alta | Adverso | Número de áreas con funcionalidad ambiental para el desarrollo de fauna silvestre y nivel de conectividad entre las mismas. |
| | Fauna - Especies en riesgo | Afectación a ejemplares de fauna silvestre de especies en categoría de riesgo | Acumulativo y residual | Permanente | Regional | Mínima | Adverso | Especies e individuos por afectar en categoría de riesgo de acuerdo con el listado de la NOM-059-SEMARNAT-2010. El procedimiento de monitoreo análisis de resultados y formatos de campo están descritos en FMCN *et al.* (2018). |
| | Uso de suelo – vías de comunicación | Construcción y operación de vías terrestres de comunicación | Acumulativo | Permanente | Regional | Alta | Adverso | Superficie sometida al cambio de uso de suelo para la construcción y operación de vías de comunicación. |
| | Población - Empleos | Incremento de ofertas de trabajo directos e indirectos | Acumulativo y residual | Temporal | Regional | Moderada | Benéfico | Reportes de generación de empleos del IMSS e INEGI. |
| | Población - Derrama económica | Impulso a la economía local y regional por la derrama económica | Acumulativo y residual | Temporal | Regional | Moderada | Benéfico | Reportes económicos de la Secretaría de Economía, INEGI y Banco de México. |
| | | | | | | | | |
| Actividades agropecuarias de temporal | Suelo - propiedades físicas | Afectación de las propiedades físicas | Acumulativo y residual | Permanente | Regional | Alta | Adverso | Valores de referencia en la NOM-021-RECNAT-2000; USDA (1999); Cuanalo (1981); IUSS Working Group WRB (2015); FAO (2020). |

| Obras y actividades actuales | Componente ambiental | Impacto ambiental | Tipo | Relación de impactos | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | Duración | Extensión | Intensidad | Efecto | Indicador de impacto y cambio climático |
| | Suelo - propiedades químicas | Cambio de las propiedades químicas | Acumulativo | Temporal | Regional | Alta | Adverso | Valores de referencia en la NOM-021-RECNAT-2000. Perevochtchikova (2013), refiere que el indicador ambiental para la evaluación del impacto de los residuos, tanto de los que denomina como industriales como de los orgánicos, es su producción ($m^3$), así como su reciclaje (proporción del volumen que es generado que es reciclado, %); FAO (2020). |
| | Suelo - Erosión | Pérdida parcial o total de horizontes | Acumulativo y residual | Permanente | Regional | Moderada | Adverso | Valores de referencia y procedimiento en Renard *et al.* (1997) y Montes-León *et al.* (2011). |
| | Aire - Calidad | Alteración de la concentración de partículas sólidas y gases | Acumulativo | Temporal | Regional | Mínima | Adverso | Valores de referencia y procedimiento en: NOM-041-SEMARNAT-2015; NOM-042-SEMARNAT-2003 y NOM-045-SEMARNAT-2017; NOM-022-SSA1-2019; NOM-023-SSA1-2021; NOM-025-SSA1-2021. |
| | Aire - Confort sonoro | Generación de ondas acústicas fuertes, no deseadas y desagradables para el sentido | Acumulativo | Temporal | Regional | Mínima | Adverso | Valores de referencia y procedimiento en: NOM-080-SEMARNAT-1994; NOM-081-SEMARNAT-1994 y su acuerdo mediante el cual se modifica su numeral 5.4; WHO (1999). |
| | Agua - calidad | Cambio en la composición física, química y/o bacteriológica en el agua | Acumulativo | Temporal | Regional | Moderada | Adverso | Valores de referencia y procedimiento en: NOM-001-SEMARNAT-1996; NOM-003-SEMARNAT-1997; NOM-004-SEMARNAT-2002; NOM-127-SSA1-1994; OMS (2006). |
| | Agua - disponibilidad | Incremento en el consumo de agua de cuerpos superficiales | Acumulativo y residual | Permanente | Regional | Alta | Adverso | Disponibilidad de agua del acuífero, según lo indicado en los acuerdos por los que se actualiza la disponibilidad media anual de agua subterránea de los acuíferos del país en el Diario Oficial de la Federación. El actual fue publicado el 09 de noviembre de 2023; CONAGUA (2012). |
| | Flora -abundancia | Disminución del número de individuos de las especies de flora silvestre | Acumulativo y residual | Permanente | Regional | Alta | Adverso | Densidad (individuos $ha^{-1}$) y diversidad (número de especies), por asociación vegetal de acuerdo con trabajos de investigación en la región; Ferro-Díaz (2015) y Alanís *et al.* (2020). |
| | Flora - cobertura | Modificación de la superficie con cobertura vegetal | Acumulativo y residual | Permanente | Regional | Alta | Adverso | Superficie por afectar por tipo de asociación vegetal presente en la región de referencia; Ferro-Díaz (2015) y Alanís *et al.* (2020), así como de protocolos generales (Botello *et al.*, 2022a, b). |
| | Flora - especies en riesgo | Afectación a ejemplares de flora silvestre de especies en categoría de riesgo | Acumulativo y residual | Permanente | Regional | Mínima | Adverso | Especies e individuos por afectar en categoría de riesgo de acuerdo con el listado de la NOM-059-SEMARNAT-2010. |

| Obras y actividades actuales | Componente ambiental | Impacto ambiental | Tipo | Relación de impactos | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | Duración | Extensión | Intensidad | Efecto | Indicador de impacto y cambio climático |
| | Fauna - abundancia | Disminución del número de individuos de las especies de fauna silvestre | Acumulativo y residual | Permanente | Regional | Alta | Adverso | Flores-Villela *et al.* (1991); Ceballos y Oliva (2005); Ramírez-Pulido *et al.* (2005). El procedimiento de monitoreo análisis de resultados y formatos de campo están descritos en FMCN *et al.* (2018), así como de protocolos generales (Botello *et al.*, 2022a, b). |
| | Fauna - movilidad | Alteración de las áreas de desplazamiento de ejemplares de fauna silvestre | Acumulativo y residual | Permanente | Regional | Mínima | Adverso | Número de áreas con funcionalidad ambiental para el desarrollo de fauna silvestre y nivel de conectividad entre las mismas. |
| | Fauna - Disponibilidad de hábitat | Reducción de áreas usadas como refugio, alimentación y reproducción de fauna silvestre | Acumulativo y residual | Permanente | Regional | Alta | Adverso | Proporción de áreas con funcionalidad ambiental para brindar servicios a la fauna silvestre. |
| | Fauna - Especies en riesgo | Afectación a ejemplares de fauna de especies en categoría de riesgo | Acumulativo y residual | Permanente | Regional | Mínima | Adverso | Especies e individuos por afectar en categoría de riesgo de acuerdo con el listado de la NOM-059-SEMARNAT-2010. El procedimiento de monitoreo análisis de resultados y formatos de campo están descritos en FMCN *et al.* (2018). |
| | Paisaje - Calidad | Modificación de las cualidades estético - paisajísticas | Acumulativo y residual | Permanente | Regional | Moderada | Adverso | Conformación de las unidades de paisaje (Muñoz-Pedrero, 2004; Priego et al., 2010). |
| | Uso de suelo agropecuario | Producción de bienes y servicios para alimento de la población | Acumulativo y residual | Permanente | Regional | Alta | Benéfico | --- |
| | Población - Empleos | Incremento de ofertas de trabajo directos e indirectos | Acumulativo y residual | Permanente | Regional | Alta | Benéfico | Reportes de generación de empleos del IMSS e INEGI. |
| | Población - Derrama económica | Impulso a la economía local y regional por la derrama económica | Acumulativo y residual | Permanente | Regional | Alta | Benéfico | Reportes económicos de la Secretaría de Economía, INEGI y Banco de México. |
| | | | | | | | | |
| Infraestructura de servicios urbanos | Fisiografía - relieve | Alteración de la conformación topográfica | Acumulativo y residual | Permanente | Regional | Mínima | Adverso | Cambio en el grado de pendiente y superficie afectada (ha) con respecto al total. |
| | Suelo - propiedades físicas | Afectación de las propiedades físicas | Acumulativo y residual | Permanente | Regional | Mínima | Adverso | Valores de referencia en la NOM-021-RECNAT-2000; USDA (1999); Cuanalo (1981); IUSS Working Group WRB (2015); FAO (2020). |
| | Suelo - propiedades químicas | Cambio de las propiedades químicas | Acumulativo | Temporal | Regional | Mínima | Adverso | Valores de referencia en la NOM-021-RECNAT-2000. Cuanalo (1981); Perevochtchikova (2013), refiere que el indicador ambiental para la evaluación del impacto de los residuos, tanto de los que denomina como industriales como de los orgánicos, es su producción ($m^3$), así como su |

| Obras y actividades actuales | Componente ambiental | Impacto ambiental | Tipo | Relación de impactos | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | Duración | Extensión | Intensidad | Efecto | Indicador de impacto y cambio climático |
| | | | | | | | | reciclaje (proporción del volumen que es generado que es reciclado, %); FAO (2020). |
| | Aire - Calidad | Alteración de la concentración de partículas sólidas y gases | Acumulativo | Temporal | Regional | Mínima | Adverso | Valores de referencia y procedimiento en: NOM-041-SEMARNAT-2015; NOM-042-SEMARNAT-2003 y NOM-045-SEMARNAT-2017; NOM-022-SSA1-2019; NOM-023-SSA1-2021; NOM-025-SSA1-2021. |
| | Aire - Confort sonoro | Generación de ondas acústicas fuertes, no deseadas y desagradables para el sentido | Acumulativo | Temporal | Regional | Moderada | Adverso | Valores de referencia y procedimiento en: NOM-080-SEMARNAT-1994; NOM-081-SEMARNAT-1994 y su acuerdo mediante el cual se modifica su numeral 5.4; WHO (1999). |
| | Fauna - abundancia | Disminución del número de individuos de las especies de fauna silvestre | Acumulativo | Temporal | Regional | Mínima | Adverso | Flores-Villela *et al.* (1991); Ceballos y Oliva (2005); Ramírez-Pulido *et al.* (2005). El procedimiento de monitoreo análisis de resultados y formatos de campo están descritos en FMCN *et al.* (2018), así como de protocolos generales (Botello *et al.*, 2022a, b). |
| | Fauna - movilidad | Alteración de las áreas de desplazamiento de ejemplares de fauna silvestre | Acumulativo | Temporal | Regional | Mínima | Adverso | Número de áreas con funcionalidad ambiental para el desarrollo de fauna silvestre y nivel de conectividad entre las mismas. |
| | Fauna - Especies en riesgo | Afectación a ejemplares de fauna de especies en categoría de riesgo | Acumulativo | Temporal | Regional | Mínima | Adverso | Especies e individuos por afectar en categoría de riesgo de acuerdo con el listado de la NOM-059-SEMARNAT-2010. El procedimiento de monitoreo análisis de resultados y formatos de campo están descritos en FMCN *et al.* (2018). |
| | Uso de suelo - Infraestructura urbana | Instalación de infraestructura para servicios a la población | Acumulativo y residual | Permanente | Regional | Alta | Benéfico | Superficie sometida al cambio de uso de suelo para la producción agrícola y pecuaria. |
| | Población - Empleos | Incremento de ofertas de trabajo directos e indirectos | Acumulativo | Permanente | Regional | Moderada | Benéfico | Reportes de generación de empleos del IMSS e INEGI. |
| | Población - Derrama económica | Impulso a la economía local y regional por la derrama económica | Acumulativo | Permanente | Regional | Moderada | Benéfico | Reportes económicos de la Secretaría de Economía, INEGI y Banco de México. |
| | | | | | | | | |
| Construcción y operación de líneas de transmisión y conducción de energía eléctrica y de telefonía | Suelo - propiedades físicas | Degradación física del suelo por desarrollo de infraestructura permanente | Acumulativo | Temporal | Puntual | Moderada | Adverso | Valores de referencia en la NOM-021-RECNAT-2000; USDA (1999); Cuanalo (1981); IUSS Working Group WRB (2015); FAO (2020). |
| | Suelo - propiedades químicas | Cambio de las propiedades químicas | Acumulativo | Temporal | Puntual | Mínima | Adverso | Valores de referencia en la NOM-021-RECNAT-2000. Perevochtchikova (2013), refiere que el indicador ambiental para la evaluación del impacto de los residuos, tanto de los que |

| Obras y actividades actuales | Componente ambiental | Impacto ambiental | Tipo | Relación de impactos | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | Duración | Extensión | Intensidad | Efecto | Indicador de impacto y cambio climático |
| | | | | | | | | denomina como industriales como de los orgánicos, es su producción ($m^3$), así como su reciclaje (proporción del volumen que es generado que es reciclado, %); FAO (2020). |
| | Aire - Calidad | Alteración de la concentración de partículas sólidas y gases | Acumulativo | Temporal | Regional | Mínima | Adverso | Valores de referencia y procedimiento en: NOM-041-SEMARNAT-2015; NOM-042-SEMARNAT-2003 y NOM-045-SEMARNAT-2017; NOM-022-SSA1-2010; NOM-023-SSA1-1993; NOM-025-SSA1-2014. |
| | Aire - Confort sonoro | Generación de ondas acústicas fuertes, no deseadas y desagradables para el sentido | Acumulativo | Temporal | Regional | Mínima | Adverso | Valores de referencia y procedimiento en: NOM-080-SEMARNAT-1994; NOM-081-SEMARNAT-1994; (WHO, 1999). |
| | Fauna - abundancia | Disminución del número de individuos de las especies de fauna silvestre | Acumulativo y residual | Temporal | Regional | Alta | Adverso | Flores-Villela *et al.* (1991); Ceballos y Oliva (2005); Ramírez-Pulido *et al.* (2005). El procedimiento de monitoreo análisis de resultados y formatos de campo están descritos en FMCN *et al.* (2018). |
| | Fauna - Especies en riesgo | Afectación a ejemplares de fauna de especies en categoría de riesgo | Acumulativo y residual | Temporal | Regional | Mínima | Adverso | Especies e individuos por afectar en categoría de riesgo de acuerdo con el listado de la NOM-059-SEMARNAT-2010. El procedimiento de monitoreo análisis de resultados y formatos de campo están descritos en FMCN *et al.* (2018). |
| | Paisaje - Calidad | Modificación de las cualidades estético - paisajísticas | Acumulativo y residual | Permanente | Local | Moderada | Adverso | Conformación de las unidades de paisaje (Muñoz-Pedrero, 2004; Priego et al., 2010). |
| | Uso de suelo – Infraestructura de servicios | Habilitación de áreas para beneficio de la población | Acumulativo y residual | Permanente | Regional | Alta | Benéfico | --- |
| | Población - Empleos | Incremento de ofertas de trabajo directos e indirectos | Acumulativo | Temporal | Regional | Alta | Benéfico | Reportes de generación de empleos del IMSS e INEGI. |
| | Población - Derrama económica | Impulso a la economía local y regional por la derrama económica | Acumulativo | Temporal | Regional | Moderada | Benéfico | Reportes económicos de la Secretaría de Economía, INEGI y Banco de México. |
| | | | | | | | | |
| Instalación y operación de líneas de distribución de gas natural | Suelo - propiedades físicas | Afectación de las propiedades físicas | Acumulativo y residual | Permanente | Regional | Moderada | Adverso | Valores de referencia en la NOM-021-RECNAT-2000; USDA (1999); Cuanalo (1981); IUSS Working Group WRB (2015); FAO (2020). |
| | Suelo - propiedades químicas | Cambio de las propiedades químicas | Acumulativo | Permanente | Regional | Mínima | Adverso | Valores de referencia en la NOM-021-RECNAT-2000. Cuanalo (1981); Perevochtchikova (2013), refiere que el indicador ambiental para la evaluación del impacto de los residuos, tanto de los que denomina como industriales, como de los orgánicos, es su producción ($m^3$), así como su |

| Obras y actividades actuales | Componente ambiental | Impacto ambiental | Tipo | Relación de impactos | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | Duración | Extensión | Intensidad | Efecto | Indicador de impacto y cambio climático |
| | | | | | | | | reciclaje (proporción del volumen que es generado que es reciclado, %); FAO (2020) |
| | Aire - Calidad | Alteración de la concentración de partículas sólidas y gases | Acumulativo | Permanente | Regional | Mínima | Adverso | Valores de referencia y procedimiento en: NOM-041-SEMARNAT-2015; NOM-042-SEMARNAT-2003 y NOM-045-SEMARNAT-2017; NOM-022-SSA1-2019; NOM-023-SSA1-2021; NOM-025-SSA1-2021. |
| | Aire - Confort sonoro | Generación de ondas acústicas fuertes, no deseadas y desagradables para el sentido | Acumulativo | Permanente | Regional | Moderada | Adverso | Valores de referencia y procedimiento en: NOM-080-SEMARNAT-1994; NOM-081-SEMARNAT-1994 y su acuerdo mediante el cual se modifica su numeral 5.4; WHO (1999). |
| | Agua – modificación de flujos | Cambio en los flujos y movimientos de agua superficiales | Acumulativo | Permanente | Local | Moderada | Adverso | Superficie afectada y número y nivel de cuerpos de agua superficiales afectados. |
| | Agua – Recarga del manto freático | Alteración del proceso de infiltración de agua al manto freático | Acumulativo | Permanente | Regional | Moderado | Adverso | Superficie con desplante de infraestructura permanente. |
| | Fauna - abundancia y diversidad | Disminución del número de individuos de las especies de fauna silvestre | Acumulativo y residual | Permanente | Regional | Moderada | Adverso | Flores-Villela *et al.* (1991); Ceballos y Oliva (2005); Ramírez-Pulido *et al.* (2005). El procedimiento de monitoreo análisis de resultados y formatos de campo están descritos en FMCN *et al.* (2018), así como de protocolos generales (Botello *et al.*, 2022a, b). |
| | Fauna - movilidad | Alteración de las áreas de desplazamiento de ejemplares de fauna silvestre | Acumulativo y residual | Permanente | Regional | Alta | Adverso | Número de áreas con funcionalidad ambiental para el desarrollo de fauna silvestre y nivel de conectividad entre las mismas. |
| | Fauna - Especies en riesgo | Afectación a ejemplares de fauna silvestre de especies en categoría de riesgo | Acumulativo y residual | Permanente | Regional | Mínima | Adverso | Especies e individuos por afectar en categoría de riesgo de acuerdo con el listado de la NOM-059-SEMARNAT-2010. El procedimiento de monitoreo análisis de resultados y formatos de campo están descritos en FMCN *et al.* (2018). |
| | Paisaje - Calidad | Modificación de las cualidades estético - paisajísticas | Acumulativo y residual | Permanente | Regional | Alta | Adverso | Conformación de las unidades de paisaje (Muñoz-Pedrero, 2004; Priego et al., 2010). |
| | Uso de suelo – Infraestructura de servicios | Habilitación de infraestructura para beneficio de la población | Acumulativo y residual | Permanente | Regional | Alta | Benéfico | --- |
| | Población - Empleos | Incremento de ofertas de trabajo directos e indirectos | Acumulativo | Temporal | Regional | Alta | Benéfico | Reportes de generación de empleos del IMSS e INEGI. |

| Obras y actividades actuales | Componente ambiental | Impacto ambiental | Tipo | Relación de impactos | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | Duración | Extensión | Intensidad | Efecto | Indicador de impacto y cambio climático |
| | Población - Derrama económica | Impulso a la economía local y regional por la derrama económica | Acumulativo | Temporal | Regional | Alta | Benéfico | Reportes económicos de la Secretaría de Economía, INEGI y Banco de México. |

## V.8. Conclusiones

Del análisis integrado mostrado anteriormente, en el que se revisó el conjunto de impactos ambientales por la ejecución de las obras y actividades que comprenden el proyecto sobre cada factor e indicador ambiental, de manera global, se desprenden las siguientes conclusiones:

- De la interacción de 62 obras y actividades que involucran la ejecución del proyecto con 31 subfactores de tipo ambiental, social y económico, se identificaron 475 relaciones susceptibles de recibir un cambio. De estas 475 interacciones, 217 se consideran benéficas y 258 adversas. De estas últimas, 42 se presentan en la etapa de preparación del sitio, 106 durante la construcción, 98 en la operación y mantenimiento y 12 en la etapa de abandono.

- Entre las cuatro etapas de desarrollo del proyecto se identificó la generación de 104 impactos ambientales, 24 en la etapa de preparación del sitio, 26 en la construcción, 27 en la operación y mantenimiento y mismo número en la etapa de abandono.

- Se identificaron 10 impactos ambientales que no habían sido evaluados en las manifestaciones de impacto ambiental previamente autorizadas relacionadas con el proyecto en evaluación. Sin embargo, no se trata de impactos ambientales que no hubieran estado ocurriendo, solo que por diferencias en las metodologías de evaluación utilizadas y diferencias en el análisis de evaluación de impactos no habían sido identificados.

- De los 104 impactos ambientales a generarse durante el desarrollo del proyecto, 65 clasificaron como adversos, de los cuales solo uno alcanzó a valorarse como impacto negativo mayor, dos adversos significativos, 22 como negativas moderadas y las restantes 40 como negativos ligeros. Las etapas de preparación del sitio y operación y mantenimiento son cuando se tienen más impactos ambientales adversos con 21 y 20, respectivamente.

- En la etapa de operación es donde se tiene un mayor número de impactos adversos con mayor significancia con 10 impactos adversos moderados y mismo número de ligeros. No obstante, es en la etapa de abandono del proyecto donde se genera el impacto adverso con mayor significancia, al clasificarse como adverso mayor, estando relacionado con culminación de la actividad minera, lo cual impactaría regionalmente a nivel social y económico.

- De los 104 impactos ambientales a generarse, 18 de ellos clasificaron como residuales, los cuales están relacionados a cinco impactos ambientales específicos.

- De los 104 impactos ambientales totales potenciales identificados a generarse por el desarrollo del proyecto, 64 se consideran como acumulativos, de los cuales 54 se clasificaron como adversos y 10 positivos.

Todos los impactos ambientales descritos en este capítulo, incluyendo los residuales y acumulativos, cuentan con medidas ambientales que ayudan a prevenir o mitigar su efecto en el medio ambiente y en la sociedad. Como parte del desarrollo del proyecto se han seleccionado aquellas medidas ambientales que han tenido una mejor respuesta en la mitigación de los efectos adversos en el ambiente. La propuesta de estas medidas ambientales a implementar se presenta para consideración de la autoridad en el siguiente capítulo de esta MIA-R.

## Referencia

Alanís R., E., Mora O., A., y Marroquín de la F., J. S., 2020. Muestreo ecológico de la vegetación. Universidad Autónoma de Nuevo León. Editorial Universitaria UANL. 252 p.

Arpacik, A., Sari, A., Gündogdu, E., y Baskaya, S., 2016. Effects of roads on wildlife in Azdavay / Kartdag wildlife reserve area. 1st International Symposium of forest Engineering and Technologies (FETEC2016). Bursa, Turquía.

Bojórquez-Tapia, L.A., Ezcurra, E., y García, O., 1998. Appraisal of environmental impacts and mitigation measures through mathematical matrices. J Environ Manag 53: 91 – 9.

Botello L., F. J., Vázquez C., C., Mayani P., F., Vega O., M. E., y Morales D., S. P., 2022a. Protocolo para el monitoreo ecosistémico de humedales (pantanos, aguadas, ciénegas, marismas, zonas inundables, y charcas) en áreas naturales protegidas. En: https://simec.conanp.gob.mx/m_ecosistemico.php. Consultado: Marzo, 2024.

Botello L., F. J., Vázquez C., C., Mayani P., F., Vega O., M. E., y Morales D., S. P., 2022b. Protocolo para el monitoreo ecosistémico de manglares en áreas naturales protegidas. En. https://simec.conanp.gob.mx/m_ecosistemico.php. Consultado: Marzo, 2024.

Canter, L. W., 1998. Manual de evaluación de impacto ambiental: técnica para la elaboración de estudios de impacto. 2ª. Edición. Edt. McGraw-Hill – Interamericana. Madrid, España. 841 p.

Ceballos, G. y Oliva, G. (Coords.), 2005. Los mamíferos silvestres de México. Conabio/Fondo de Cultura Económica, México D. F. 988 p. Ceballos, G. y Oliva, G. (Coords.), 2005. Los mamíferos silvestres de México. Conabio/Fondo de Cultura Económica, México D. F. 988 p.

CONAGUA (Comisión Nacional del Agua), 2012. Estimación de los factores y funciones de la demanda de agua potable en el sector doméstico en México: Informe final. En: www.researchgate.net/profile/Gloria_Soto2/publication/274053633. Consultado: Marzo, 2024.

Conesa F., V., 2000. Guía metodológica para la evaluación del impacto ambiental. Edt. Mundi Prensa. 3ª Edición. Madrid, España. 412 p.

Coria, I. D., 2008. El estudio de impacto ambiental: Características y metodología. INVENIO 11 (20): 125 – 135.

Cuanalo de la C., H., 1981. Manual para la descripción de perfiles de suelo en el campo. 2ª edición. Colegio de Posgraduados. Chapingo, Edo. de México. 40 p.

Dee N, Baker, J., Drobny, N., Duke, K., Whitman, I., Fahringer, D., 1973. An environmental evaluation system for water resource planning. Water Resour Res 9: 523–535. https:// doi. org/ 10. 1029/ WR009i003p00523.

Dragovic, N., y Vulevic, T., 2020. Soil degradation processes, causes, and assessment approaches. En: Life on land. 1- 12.

Espinoza, G., 2002. Gestión y fundamentos de evaluación de impacto ambiental. Banco Interamericano de Desarrollo – Centro de Estudios para el Desarrollo. Santiago, Chile. 259 p.

FAO, 2020. Soil testing methods – Global Soil Doctors Programme - A farmer-to-farmer training programme. En: https://www.fao.org/3/ca2796en/ca2796en.pdf. Consultado: Marzo, 2022.

Ferro-Díaz, J., 2015. Manual revisado de métodos útiles en el muestreo y análisis de la vegetación. ECOVIDA 5(1): 139 – 186.

Flores-Villela, O., y García-Vázquez, U. O., 2014. Biodiversidad de reptiles en México. Revista Mexicana de Biodiversidad, Supl. 85: S467 – S475.

FMCN, CONAFOR, USAID, y USFS, 2018. Manual para trazar la unidad de muestreo en bosques, selvas, zonas áridas y semiáridas, BIOCOMUNI – Monitoreo Comunitario de la Biodiversidad, una guía para núcleos agrarios, Comisión Nacional Forestal – Fondo Mexicano para la Conservación de la Naturaleza. En: https://fonnor.org/wp-content/uploads/2019/02/3.-Manual-de-Monitoreo-de-Fauna.pdf. Consultado: Marzo, 2022.

Forcada D., E., 2000. El impacto ambiental en la agricultura: metodologías y procedimientos. Edt. Analistas Económicos de Andalucía. 323 p.

Francis, C. D., Ortega, C. P., y Cruz, A., 2009. Noise pollution changes avian communities and species interactions. Current Biology 19: 1415 – 1419.

Francis, C. D., y Barber, J. R., 2013. A framework for understanding noise impacts on wildlife: an urgent conservation priority. Front Ecol Environ 11 (6): 305 – 313.

Fricovsky, B., Jagercikova, L., y Bodis, D., 2016. Rapid Impact Assessment Matrix: Case study for the Sliac Spa. Slovak Geol Mag., 16 (2): 71 – 90.

Gómez – Orea., D., 1999. Evaluación de impacto ambiental: Un instrumento preventivo para la gestión ambiental. 1ª. Edición. Edt. Mundi – prensa. Madrid, España. 718 p.

IUSS Working Group WRB, 2015. Base referencial mundial del recurso suelo 2014, Actualización 2015. Sistema internacional de clasificación de suelos para la nomenclatura de suelos y la creación de leyendas de mapas de suelos. Informes sobre recursos mundiales de suelos 106. FAO, Roma. 205 p.

Jensen, A., y Laursen, K., 1998. Use of the Rapid Impact Assessment Method (RIAM) on the fly ash landfill at the power station Vestkraft I/S in Esbjerg. Danish Envivironmental Protection Agency, 24p.

Karami, M., Ahmadi., H., y Karami, K., 2016. Environmental impacts assessment of construction and utilization phases of tourism projects in Karum Dam IV, Iran. Caspian J. Envrion. Sci 14(2): 165 – 175.

Kuitunen, M., Jalava, K., y Hirvonen K., 2008. Testing the usability of the Rapid Impact Assessment Matrix (RIAM) method for comparison of EIA and SEA results. Environmental Impact Assessment Review 28: 312 - 320.

Kumar, A., Dhar, H., Nair, V. V., Rena, R., Govani, J., Arya, S., Bhattacharya, J. K., Vaidya, A. N., y Akolkar, A. B., 2019. Environmental quality monitoring and impact assessment of solid waste dumpsites in high altitude sub-tropical regions. Journal of Environmental Management 252. 109681.

Leopold, L. B., Clarke, F. E., Hanshaw, B. B., y Balsley, J. E., 1971. A procedure for evaluating environmental impact. U. S. Geological Survey Circular 645, Washington, D.C. En: https://pubs.usgs.gov/circ/1971/0645/report.pdf. Consultada: Noviembre, 2024.

Mahiny, A. S., Momeni, I, y Karimi, S., 2011. Towards improvements of environmental impact assessment methods – A case study in Golestan Province, Iran. World Applied Sciences Journal 15 (1): 151 – 159.

Mihaiescu, R., Pop, A. I., Muntean, O.L., Mihaiescu, T., Malos, C., Oprea, M. G., Dezsi, S., Ozunu, A., Arguhius, V., Baciu, N., Rosian, G., y Macicasan, V., 2015. The use of rapid impact assessment matrix (RIAM) in

assessing the environmental impacts in protected areas: Case study: Mountain glacial lakes areas in Romania. ProEnvironment 8: 629 – 636.

Momeni, I., Mahini, A. S., y Karimi, A., 2011. An introduction to improvement of environmental impact assessment methods in Iran. World Applied Sciences Jorunal 12 (9): 1536 – 1543.

Montenegro, A. L, Álvarez, J. P., Bastián-Monarca, N. A., y Pereira, T. A., 2020. Evaluación de impacto acústico por ruido sobre la fauna nativa terrestre en el marco del sistema de evaluación de impacto ambiental (SEIA) en Chile. En: INGEACUS 2020 Congreso Internacional de Acústica y Audio Presional. En: https://www.sea.gob.cl/sites/default/files/adjuntos/noticias/08_dt_ruido_fauna_nativa.pdf. Consultada: Abril, 2024.

Montes-León, M. A. L., Uribe-Alcántara, E. M., y García-Celis, E., 2011. Mapa nacional de erosión potencial. Tecnología y Ciencia del Agua 11(1): 5 – 17.

Müller, F., y Lenz, R., 2006. Ecological indicators: Theoretical fundamentals of consistent aplications in environmental management. Ecological Indicators 6: 1 – 5.

Muñoz-Pedreros, A., 2004. La evaluación del paisaje: una herramienta de gestión ambiental. Revista Chilena de Historia Natural 77: 139 – 156.

Oldeman, L. R., Hakkeling, R. T. A., y Sombroek, W. G., 1991. World map of the status of human-induced soil degradation: An explanatory note. Global Assessment of Soil Degradation (GLASOD). En: http://www.the-eis.com/data/literature/Worldmapofthestatusofhuman-inducedsoildegradation_1991.pdf. Consultado: Marzo, 2024.

Pastakia, C.M.R., 1998. The Rapid Impact Assessment Matrix (RIAM)- A New Tool for Environmental Impact Assessment. K Jensen Olsen & O Fredensborg (eds.), Denmark, pp. 8-19.

Pastakia, C.M.R., y Jensen, A., 1998. The Rapid Impact Assessment Matrix (RIAM) for EIA. Environment Impact Asses Rev Review 18: 461 – 482.

Pastakia, C.K., y Madsen, A., 1998. Rapid assessment matrix for use in water related projects. Environmental Impact Assessment Review 18: 461-482.

Perevochtchikova, M., 2013. La evaluación del impacto ambiental y la importancia de los indicadores ambientales. Gestión y Política Pública, XXII (2): 283 – 312.

Priego, A., Bocco, G., Mendoza, M., y Garrido, A., 2010. Propuesta para la generación semiautomatizada de unidades de paisaje. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, Instituto Nacional de Ecología y Centro de Investigaciones en Geografía Ambiental. 107 p.

Ramírez-Pulido, J., Arroyo-Cabrales, J., y Castro-Campillo, A., 2005. Estado actual y relación nomenclatural de los mamíferos terrestres de México. Acta Zool. Mex, 21 (1): 21 - 82.

Sivaramanan, S., 2015. Degradation of soil conservation and remediation. En: https://www.researchgate.net/publication/273771667_DEGRADATION_OF_SOIL_CONSERVATION_AND_REMEDIATION. Consultado: Marzo, 2024.

USDA, 1999. Guía para la evaluación de la calidad y salud del suelo. Washington, D.C. 82 p.

Valizadeh, S., y Hakimian, H., 2018, Evaluation of waste management options using rapid impact assessment matrix and Iranian Leopold matrix in Birjand, Iran. International Journal of Environmental Science and Technology. Doi.org/10.1007/s13762-018-1713-z.

Von Schiller C., D., S. Ballester E., J. Martínez D., A. Delgado N., M.L. Vivas N. y S. Fernández B. 2003. Indicadores ambientales en el contexto europeo. El portal de biología y ciencias de la salud "biologia.org", La revista, No. 12.

Warren, P., Katti, M., Ermann, M., y Brazel, A., 2006. Urban bioacoustics: it's not just noise. Animal Behaviour 71: 491 – 502.

WHO, 1999. Guidelines for community noise. Geneva. En: https://www.who.int/publications/i/item/a68672. Consultado: Noviembre, 2023.

Zand, A. D., y Heir, A. V., 2022. Integration of rapid impact assessment matrix method and sustainability modeling for management of municipal solid waste transfer stations in cold regions. Modeling Earth Systems and Environment 8: 2539 – 2550.

MIA

Manifestación de Impacto Ambiental Modalidad Regional

AUTLAN®

# Capítulo VI.

## Estrategias para la prevención y mitigación de impactos ambientales, acumulativos y residuales, del sistema ambiental regional

SANAT

Soluciones en Gestión Ambiental




Distrito Minero AUTLÁN

# ÍNDICE GENERAL

VI. Estrategias para la prevención y mitigación de impactos ambientales, acumulativos y residuales, del sistema ambiental regional. .....1

VI.1. Descripción de la medida o programa de medidas de mitigación o correctivas por componente ambiental 13

VI.2. Programa de vigilancia ambiental.....58

VI.3. Seguimiento y control.....72

VI.3.1. Seguimiento y control de impactos ambientales.....74

VI.4. Información necesaria para la fijación de montos para fianza .....77

# ÍNDICE DE TABLAS

Tabla VI.1. Medidas ambientales de prevención y mitigación propuestas por la promovente para los proyectos “Tajo Naopa”, “Tajo Acuatitla” y “Modificación del Proyecto Tajo Naopa”. ..... 3

Tabla VI.2. Condicionantes establecidas en los oficios resolutivos emitidos para los tres proyectos que se integran al desarrollo del proyecto “Distrito Minero Autlán”. ..... 6

Tabla VI.3. Medidas ambientales propuestas para impactos ambientales adversos identificados durante la etapa de identificación y evaluación de impactos, por etapa de desarrollo del proyecto, incluyendo las medidas para impactos acumulativos y residuales. ..... 16

Tabla VI.4. Programas generales que constituyen el programa de vigilancia ambiental propuesto como parte de la implementación de las medidas ambientales para el desarrollo del proyecto. ..... 60

Tabla VI.5. Contenido general de los programas que constituyen el programa de vigilancia ambiental a implementar como parte del proyecto. ..... 64

Tabla VI.6. Relación entre los programas generales que conforman el Programa de Vigilancia Ambiental del proyecto y los programas específicos que se implementan actualmente por parte de la Compañía Minera Autlán. ..... 70

Tabla VI.7. Estimación del costo de inversión de medidas ambientales a ejecutar parte del desarrollo del proyecto. ..... 77

# ÍNDICE DE FIGURAS

Figura VI.1. Ejemplo de la información básica de un formato de registro de incidentes ambientales durante el desarrollo del proyecto para su seguimiento, control y registro. ..... 75

Figura VI.2. Ejemplo del uso de bitácoras de campo para el registro y control de diversas actividades ambientales durante el desarrollo del proyecto. ..... 76

# MARCO LEGAL

El presente capítulo tiene por objeto el establecer las acciones que permitan prevenir, mitigar o compensar los impactos ambientales acumulativos y residuales identificados por el desarrollo de las obras y actividades que integran el proyecto, en el contexto del SAR, a efecto de dar cumplimiento con lo dispuesto por el artículo 13, fracción VI, del REIA, el cual dispone que la manifestación de impacto ambiental, modalidad regional, deberá incluir:

> ***"Estrategias para la prevención y mitigación de impactos ambientales, acumulativos y residuales, del sistema ambiental regional"***

El objetivo principal es proponer las medidas ambientales que permitan reducir a su mínima manifestación los efectos que se han previsto sobre los componentes al ambiente, o a los procesos ecológicos de los ecosistemas, producto de las acciones del proyecto, o, en su caso, evitar su ocurrencia, de tal manera que se proporcionen los elementos que nos lleven al cumplimiento del objetivo. El conjunto de medidas y su planteamiento tienen la finalidad de proveer a la autoridad los elementos técnicos ambientales para que pueda dictaminar la procedencia del proyecto, validando las medidas ambientales propuestas, o bien, estableciendo las medidas preventivas y mitigación que considere pertinentes. Esto último, sustentado en lo indicado en el artículo 44, fracción III, del REIA, mismo que dispone que:

> ***"III. En su caso, la Secretaría podrá considerar las medidas preventivas, de mitigación y las demás que sean propuestas de manera voluntaria por el solicitante, para evitar o reducir al mínimo los efectos negativos sobre el ambiente".***

Ahora bien, para efecto de atender de forma armónica las disposiciones normativas antes invocadas, de acuerdo con el artículo 3, fracciones XIII y XIV, del REIA, se consideran para tal efecto las siguientes definiciones:

> ***"XIII. Medidas de prevención: Conjunto de acciones que deberá ejecutar el promovente para evitar efectos previsibles de deterioro del ambiente".***
>
> ***"XIV. Medidas de mitigación: Conjunto de acciones que deberá ejecutar el promovente para atenuar los impactos y restablecer o compensar las condiciones ambientales existentes antes de la perturbación que se causare con la realización de un proyecto en cualquiera de sus etapas".***

Es fundamental tener en cuenta que, ante la ocurrencia de impactos ambientales residuales, se pueden implementar medidas destinadas a compensarlos. Estas acciones generalmente buscan mejorar la calidad ambiental de los ecosistemas y aumentar los valores de factores ambientales. Se presentan como una oportunidad para reparar o revertir los procesos de deterioro ambiental que afectan al sistema regional, lo cual implica un beneficio ambiental tanto a nivel espacial como temporal. En este contexto, la compensación ambiental se gestiona de manera suficiente, asegurando que se aborden adecuadamente los impactos negativos generados.

# VI. Estrategias para la prevención y mitigación de impactos ambientales, acumulativos y residuales, del sistema ambiental regional.

El planteamiento del proyecto es el resultado del trabajo efectuado por un equipo de especialistas en diversos temas, entre ellos los relacionados con ingeniería de minas, ingeniería civil, legislación ambiental, manejo de flora y fauna silvestre, ingeniería ambiental y evaluación de impacto ambiental. Cada uno contribuyó, en el ámbito de su conocimiento, en el diseño y planteamiento de alternativas para el desarrollo del proyecto siempre pensando en las opciones más viables social, económica y ambientalmente.

El trabajo de los especialistas en minas e ingeniería civil está reflejado en el planteamiento y diseño de las obras y actividades a ejecutar por el desarrollo del proyecto en cada una de las etapas en que ha sido divido su ejecución. El diseño y ubicación de las obras contó con el apoyo de los especialistas ambientales quienes apoyaron en el análisis del estado de conservación de los componentes ambientales y las estrategias a seguir para mitigar los efectos adversos al medio ambiente y a la sociedad. En conjunto, seleccionaron y definieron el conjunto de medidas ambientales a implementar para prevenir, mitigar y compensar los impactos ambientales potenciales identificados.

Las opiniones de los especialistas en legislación ambiental estuvieron basadas en revisiones de la reglamentación ambiental vigente y aplicable en la región y predio del proyecto, lo cual se ve reflejado en la vinculación jurídica – ambiental presentada en el capítulo III de este documento. A este le siguió el análisis de las especificaciones aplicables de los diversos instrumentos jurídicos vinculantes, los cuales fueron considerados en el diseño presentado a evaluación.

Además, la sustentabilidad ambiental dada al planteamiento del proyecto es el resultado de estudios de campo realizados por los biólogos e ingenieros ambientales para conocer el estado que guardan los componentes ambientales previo a su ejecución. Complementando la revisión de literatura llevada a cabo para conocer la información oficial y científica del comportamiento y estado de los componentes ambientales, se efectuó un trabajo de campo particular para conocer a detalle el estado de los componentes ambientales, como su grado de deterioro o conservación, calidad ambiental, funcionalidad, capacidad de aprovechamiento, entre otros, en el SAR.

Para el análisis realizado por el grupo de trabajo, se tomó en consideración que las actividades mineras por llevarse a cabo estarían comprendidas en un polígono general de 10,716.7262 ha, del cual se pretenden conservar como áreas verdes 371.5053 ha, 919.8936 ha para la actividad de explotación minera y 9,425.3273 ha como área de exploración minera (área sin traslape).

Además, como parte del análisis se consideró que el objetivo general del presente proyecto es incorporar nuevas áreas y actividades para dar continuidad operativa al Distrito Minero Autlán, esto a través de la integración de las obras y actividades que actualmente han sido autorizadas en materia de impacto ambiental, así como de aquellas que se tienen proyectadas para prolongar la exploración y explotación minera.

Para el desarrollo del proyecto, se requiere continuar realizando obras y actividades potenciales generadoras de afectaciones al medio ambiente, las cuales fueron identificadas, cuantificadas, analizadas y descritas en el capítulo anterior.

Los impactos ambientales por generarse y su magnitud están asociados a las obras y actividades a ejecutarse y el grado de conservación de los factores y subfactores del medio ambiente en el área del proyecto y del SAR definido. Es de resaltar que, en el área del SAR, donde se inserta la ejecución de las obras y actividades de exploración, explotación y beneficio mineral predomina una cobertura vegetal forestal correspondiente a vegetación primaria y secundaria abarcando 22,538.24 ha de las 38,998.68 de la superficie del SAR, es decir, el 57.79% del polígono. Esta cobertura vegetal forestal ha sido sustancialmente alterada por procesos de erosión natural, actividades agrícolas y ganaderas, incluyendo sobrepastoreo, así como actividades previamente autorizadas en materia de explotación minera a cielo abierto.

Un análisis detallado del contexto ambiental y la naturaleza del proyecto, incluyendo el planteamiento y desempeño ambiental de los proyectos ejecutados en la región y el conocimiento del trabajo realizado por la empresa minera, permite afirmar que este proyecto integra aspectos especiales a los componentes ambientales. Del análisis hecho, se llegó a la conclusión de que, para el tipo de obras y actividades a ejecutar, se requerirían medidas o tecnologías especiales para prevenir y mitigar los impactos ambientales a generarse por su ejecución.

En el capítulo V de esta MIA-R se hace una relación de la identificación de impactos ambientales de los tres proyectos que se integran en este estudio elaborado para el proyecto "Distrito Minero Autlán". De dicho análisis, pareciera ser que se han identificado nuevos impactos ambientales o impactos ambientales no manifestados previamente. No obstante, esta diferencia entre los impactos ambientales identificados en este estudio y los mencionados previamente está más relacionado con la metodología empleada, la definición del detalle del análisis en la identificación de impactos y la diferencia de criterios en la identificación de impactos.

En el ejercicio de identificación de impactos ambientales del proyecto se reportan 31 impactos ambientales potenciales a generarse, con la posibilidad de presentarse en al menos una de las cuatro etapas en las que se dividió el desarrollo del proyecto. Al ser un proyecto integrador se deben incluir los impactos ambientales identificados en los proyectos que forman parte del análisis; sin embargo, en el presente análisis se excluyen dos impactos ambientales identificados en los proyectos **"Tajo Acuatitla"** y **"Tajo Naopa"**, y ocho del proyecto de **"Modificación Tajo Naopa"**. Esta exclusión deriva de la metodología y criterios de análisis en el identificación y evaluación de impactos ambientales, lo cual quedó ampliamente descrito en el capítulo correspondiente de esta MIA-R.

Independientemente del número y tipo de impactos ambientales potenciales adversos identificados, es importante destacar que, para los efectos ambientales adversos que se prevén, se cuenta con medidas de prevención, mitigación o compensación claramente identificadas y se cuenta con la capacidad para su implementación.

En este caso, prevalecen las medidas ambientales propuestas en las MIA-G de los proyectos **"Tajo Naopa"** y **"Tajo Acuatitla"**, así como en el DTU del proyecto **"Modificación del Proyecto Tajo Naopa"**. Además, se consideran las condicionantes establecidas en los respectivos oficios resolutivos de los proyectos, al comprobarse su efectividad en la prevención y mitigación de los impactos ambientales durante la operación de los proyectos, tal y como se ha sido informado a la autoridad bajo los términos y plazos establecidos.

Para prevenir y mitigar los impactos ambientales potenciales adversos identificados en los tres proyectos que se integran a éste, en conjunto se han propuesto 28 medidas ambientales. En los proyectos sometidos al procedimiento de evaluación en materia de impacto ambiental en 1997, se propusieron 18 medidas ambientales, 16 de las cuales fueron retomadas en el DTU, modalidad A, presentado a evaluación en el 2012 (Tabla VI.1). Además, en este último estudio se incluyeron 10 medidas ambientales adicionales específicas y acorde al análisis y resultado de la identificación de impactos ambientales del proyecto "**Modificación del Proyecto Tajo Naopa"**.

***Tabla VI.1. Medidas ambientales de prevención y mitigación propuestas por la promovente para los proyectos "Tajo Naopa", "Tajo Acuatitla" y "Modificación del Proyecto Tajo Naopa".***

| Impacto ambiental | Medida ambiental propuesta | Tajo Naopa | Tajo Acuatitla | Mod. Tajo Naopa |
|---|---|---|---|---|
| Compactación del terreno. | *Se revestirán los caminos principales y de acceso a las áreas de trabajo.* | --- | --- | X |
| | *Se prohibirá la circulación de maquinaria pesada por las áreas no autorizadas para el cambio de uso del suelo (fuera de los caminos existentes).* | X | X | X |
| Contaminación del suelo y agua. | *Se utilizará maquinaria nueva y dotada de alta tecnología y en buen estado para efectuar el cambio de uso del suelo.* | X | X | X |
| | *No se efectuarán reparaciones de maquinaria en el área cercanas a los cauces de los arroyos.* | X | X | X |
| | *Los cambios de combustibles y lubricantes se efectuarán siempre fuera de la superficie de cambio de uso de suelo en el taller instalado en la superficie autorizada…* | X | X | X |
| | *Los combustibles y lubricantes por desechar se colectarán en tambos y se extraerán periódicamente del área del tajo para su confinamiento en los lugares autorizados de la zona.* | X | X | X |
| | *Se colocarán recipientes en las áreas de trabajo para la recolección de basura, la cual deberá ser extraída periódicamente del área para su disposición en el tiradero municipal.* | X | X | X |
| | *Se colocarán sanitarios portátiles en las áreas de trabajo con mayor concentración de trabajadores.* | X | X | X |
| | *Se prohibirá efectuar remociones de suelo innecesarias en las áreas cercanas a los escurrimientos temporales.* | X | X | X |
| | *Se construirán terrazas en el área de explotación del banco para evitar deslaves y procesos erosivos que puedan azolvar el arroyo.* | X | X | X |
| | *Se revegetarán utilizando especies nativas de pastos, hiervas y arbustos, todas las áreas o bandas de los depósitos de materiales de descapote y minerales de ley intermedia que pasen al abandono temporal por receso de la disposición de los mismos.* | X | X | X |
| Modificación del flujo superficial | *Se dará mantenimiento preventivo a las obras de desvío de escorrentías a los terraplenes, para evitar el acarreo de material estéril a las partes bajas, los cuales podrían afectar terrenos de cultivo y cuerpos receptores de agua cercanos.* | X | X | --- |

| Impacto ambiental | Medida ambiental propuesta | Tajo Naopa | Tajo Acuatitla | Mod. Tajo Naopa |
|---|---|---|---|---|
| Eliminación de la vegetación | *Se colectará semilla de los árboles a derribar para la reproducción de la misma en el vivero de la compañía, con el fin de tener planta disponible para la reforestación inmediata de las áreas de los depósitos que vayan pasando a la etapa de abandono.* | X | X | X |
| | *El suelo fértil que será rescatado del tajo se utilizará para la restauración de las áreas de abandono. Dicho suelo contiene una gran cantidad de semillas de las especies arbóreas, arbustivas y herbáceas de la región, las cuales germinarán cuando dicho sustrato sea extendido y se creen las condiciones favorables para ello.* | X | X | X |
| Emigración de la fauna silvestre | *Se respetarán los árboles o arbustos que presenten madrigueras o nidos con huevos, crías o polluelos, hasta que éstos puedan salir del área.* | --- | --- | X |
| | *Se prohibirá la cacería en las áreas arboladas aledañas a la superficie que será sujeta al cambio de uso de suelo y que los trabajadores lleven perros ya que éstos ahuyentan a la fauna silvestre.* | X | X | X |
| | *Se colocarán recipientes con tapa para colectar la basura en lugares estratégicos de las áreas de trabajo.* | --- | --- | X |
| Afectación al paisaje | *Durante el ciclo de siembra se efectuará reforestación de las áreas de pastizal que no estén consideradas en el proyecto.* | X | --- | --- |
| | *Se efectuará el cambio de uso del suelo de manera paulatina, sucesiva e intercalada entre las 5 áreas en donde se requiere.* | --- | --- | X |
| | *Las áreas de los depósitos de materiales que vayan pasando a la etapa de abandono se reforestarán de manera inmediata con árboles de vivero con las especies nativas y con regeneración natural.* | --- | --- | X |
| | *Se suavizarán las pendientes del terreno, lo que permitirá el establecimiento futuro de arbolado corpulento en esos lugares.* | X | X | X |
| | *El cambio de uso del suelo será temporal ya que de manera gradual se irá recuperando la vocación inicial del predio a través de las labores de restauración.* | --- | --- | X |
| | *El paisaje modificado del área donde se ubicarán los depósitos de materiales no contrastará mucho con el entorno, debido a que en la zona del proyecto no se han efectuado grandes remociones de suelo.* | --- | --- | X |

| Impacto ambiental | Medida ambiental propuesta | Tajo Naopa | Tajo Acuatitla | Mod. Tajo Naopa |
|---|---|---|---|---|
| Efectos negativos de la opinión publica | *Se efectuará el cambio de uso del suelo de manera gradual, intercalada entre las 5 áreas solicitadas considerando las recomendaciones señaladas en el estudio técnico unificado para el cambio de uso del suelo y autorizaciones respectivas, así como en la legislación vigente.* | --- | --- | X |
| | *Se notificará al municipio sobre la actividad a realizar y se colocaran letreros para información de la población en general.* | X | X | X |
| | *Se reforestarán de manera inmediata con las especies nativas del lugar las áreas que vayan pasando a la etapa de abandono.* | X | X | X |
| | *Se iniciará de manera inmediata la reforestación de las 54-95-88 Ha de pastizal dispuestas por la compañía promovente.* | --- | --- | X |
| | *Se colectarán semillas de especies nativas tanto de hiervas como arbustos y de los árboles adultos para apoyar las actividades de reforestación que se llevarán a cabo tanto en la superficie de los depósitos de materiales a establecer como en las otras zonas de los terrenos del tajo que lo requieran.* | --- | --- | X |

Como parte del procedimiento de evaluación y dictaminación en materia de impacto ambiental, la Secretaría tiene la facultad de autorizar de manera condicionada la ejecución de los proyectos. De acuerdo con lo indicado en el artículo 35, fracción II, de la LGEEPA, en la autorización condicionada la Secretaría tiene la facultad de establecer medidas ambientales adicionales de prevención y mitigación, las cuales tienen la finalidad de evitar, atenuar o compensar los impactos ambientales adversos susceptibles de generarse por la ejecución de las obras y actividades relacionadas con el proyecto.

Antes del año 2002, la Secretaría solía incluir una gran lista de condicionantes en los oficios resolutivos para proyectos autorizados de manera condicionada. Esta lista de condicionantes, además de incluir un listado de medidas ambientales de carácter general, presentaba medidas ambientales por cada etapa de desarrollo del proyecto; siendo, en muchos casos, medidas ambientales ya consideradas en los estudios de impacto ambiental sometidos a evaluación. Entre esta lista, además de incluir medidas ambientales que se deberían ejecutar o cumplir bajo ciertas condiciones, también adicionaba un listado de actividades que quedaban prohíbas llevarse a cabo.

En el 2003, posterior a la presentación de las guías para la presentación de las manifestaciones de impacto ambiental, pero como parte de la modificación del procedimiento de evaluación, la Secretaría modificó la estructura de los oficios resolutivos y, entre los cambios más notorios fue la forma de condicionar los proyectos autorizados. A partir de entonces, la gran lista de condicionantes se redujo significativamente a medidas ambientales de carácter más general, pero sin dejar de complementar las medidas ambientales propuestas por los promoventes en los estudios ambientales. El número de condicionantes depende de las medidas ambientales propuestas en los estudios, el tipo de estudio y las condiciones específicas de cada proyecto.

El proyecto **"Tajo Naopa"** fue autorizado con la condición de dar seguimiento y cumplimiento a 11 términos y 50 condicionantes (Tabla VI.2). Las condicionantes se dividieron en: 17 generales, 15 para la etapa de preparación del sitio y construcción, siete para la operación y mantenimiento, cinco para la etapa de abandono y restauración y seis para el monitoreo y educación ambiental.

El proyecto **"Tajo Acuatitla"**, el cual fue autorizado mediante el oficio D.O.O.DGOEIA.04336 del 09 de julio de 1997, incluyó 43 condicionantes: 16 generales, 10 en preparación del sitio y construcción, siete para la operación y mantenimiento, seis para el abandono y restauración y cuatro para la conservación y educación ambiental.

El oficio resolutivo emitido por la entonces Delegación Federal de la SEMARNAT en el Estado de Hidalgo Núm. 133.02.03/708/2012, fechado el 15 de noviembre de 2012, para el desarrollo del proyecto **"Modificación del Proyecto Tajo Naopa"**, incluyó las condicionantes para el desarrollo del proyecto, en este caso entre los Términos establecidos en la autorización, por el tipo de estudio que se sometió al procedimiento de evaluación. Los términos están relacionados con los aspectos del cambio de uso de suelo de terrenos forestales y en materia de impacto ambiental. De la totalidad de los 29 términos incluidos, 10 hacen referencia específica a aspectos de impacto ambiental (Tabla VI.2).

***Tabla VI.2. Condicionantes establecidas en los oficios resolutivos emitidos para los tres proyectos que se integran al desarrollo del proyecto "Distrito Minero Autlán".***

| Condicionante | Proyecto | | |
|---|---|---|---|
| | Tajo Naopa | Tajo Acuatitla | Mod. Tajo Naopa |
| **Generales** | | | |
| La **empresa** deberá apegarse en todo momento a lo establecido en el Reglamento de Seguridad en los Trabajos de las Minas, publicado en el Diario Oficial de la Federación el 13 de marzo de 1967. | X | X | --- |
| La **empresa** deberá crear un cuerpo de vigilancia ambiental interno, que será el responsable de vigilar, en todo tiempo, el cumplimiento de los Términos y Condicionantes a los cuales queda sujeto el proyecto. Dicho cuerpo deberá estar integrado por personal capacitado (incluyendo un especialista en el área ambiental) y con autoridad suficiente para ordenar la modificación o incluso suspender los trabajos, si estuviese en riesgo el equilibrio ecológico del lugar o ante la posible afectación de individuos de la flora y fauna en régimen de protección. | X | X | --- |
| Queda estrictamente prohibido a la **empresa**:<br>– El uso de productos químicos y la quema durante las actividades de limpieza, desmonte y/o deshierbe, en cualquier etapa del proyecto.<br>– Realizar cualquier tipo de aprovechamiento de especies de flora y fauna silvestres terrestres y acuáticas, con énfasis en las especies de interés cinegético y aquellas incluidas en la NOM-059-ECOL-1994. Al respecto, se responsabilizará a la empresa de cualquier ilícito en el que incurran los trabajadores y se le sujetará a las disposiciones jurídicas que establezcan las leyes en la materia.<br>– El derribo de vegetación fuera de las áreas necesarias para el proyecto. | X | X | --- |
| La **empresa** deberá hacer del conocimiento de sus trabajadores, las disposiciones y sanciones que las leyes señalan para la protección de la flora y fauna silvestres y en un plazo de cuatro meses contados a partir de la fecha de recepción de la presente, deberá indicar las acciones que realizará para garantizar que los trabadores respeten los ordenamientos legales, cuyo fin es la protección de la flora y fauna silvestres, incluyendo aquellas en *status* de conservación comprometido que habitan en el área de influencia del proyecto. | X | X | --- |
| De acuerdo con lo manifestado, las instalaciones de la empresa cercanas al sitio del proyecto incluyen taller de mantenimiento, taller mecánico, oficinas, servicio de sanitarios y comedores, con capacidad suficiente para cubrir la demanda adicional que generará el | --- | X | --- |

| Condicionante | Proyecto | | |
|---|---|---|---|
| | Tajo Naopa | Tajo Acuatitla | Mod. Tajo Naopa |
| proyecto, por lo que no se requiere la construcción o ampliación de dichos servicios. No se autorizan estas actividades. | | | |
| En la contratación de personal se deberá dar preferencia a los habitantes de la zona, con el fin de evitar la generación de impactos sobre el medio socioeconómico por la demanda de bienes y servicios, y canalizar para de la derrama económica que originará el proyecto, hacia la población del lugar. | X | X | --- |
| Durante todas las etapas del proyecto, se deberá cumplir con las normas referentes a seguridad e higiene en los centros de trabajo. Por lo tanto, los trabajadores deberán contar con equipo de protección personal (cascos, tapabocas, lentes, botas, etc.), de acuerdo con las actividades que desarrollen. | X | X | --- |
| El equipo y maquinaria por utilizar durante las diferentes etapas del proyecto, deberán estar en óptimas condiciones de operación, de tal manera que cumplan con lo establecido en la Norma Oficial Mexicana, NOM-041-ECOL/1993, referente a los niveles máximos permisibles de emisión de gases contaminantes provenientes del escape de vehículos automotores en circulación que utilizan gasolina como combustible y a la Norma Oficial Mexicana, NOM-045-ECOL/1993, referente al nivel máximo permisible de opacidad del humo proveniente del escape de vehículos automotores en circulación, que utilizan diésel, como combustible. Así como lo establecido en la NOM-080-ECOL-1994, relativa a niveles máximos de emisiones de ruido. En consecuencia, la **empresa** deberá elaborar e implementar un programa de mantenimiento preventivo. | X | X | --- |
| El mantenimiento y/o reparación de la maquinaria y equipo se deberá realizar dentro del taller, el cual deberá contar con un área debidamente impermeabilizada y equipada para la recolección de grasas y lubricantes de desecho. Los residuos que se generen en esta área se deberán almacenar en tambos debidamente etiquetados, los cuales se entregarán para su manejo y disposición final, a empresas debidamente autorizadas. | X | X | --- |
| La empresa deberá apegarse a las condiciones de manejo y transporte de combustibles que establece la NOM-005-STPS-1993, publicada en el Diario Oficial de la Federación el 3 de diciembre de 1993. | --- | X | --- |
| En caso de generar o manejar residuos que por sus propiedades físicas, químicas o biológicas tengan características de peligrosidad, de acuerdo con la Norma Oficial Mexicana NOM-052-ECOL-1993, que establece las características de los residuos peligrosos, el listado de los mismos y los límites que hacen a un residuos peligroso por su toxicidad al ambiente, deberán ser manejados según lo previsto por el Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente en Materia de Residuos Peligrosos, las Normas Oficiales Mexicanas correspondientes y demás ordenamientos aplicables. | X | X | --- |
| Los residuos domésticos que se generen en cualquier etapa del proyecto, inicialmente, se deberán depositar en contenedores con tapa, colocados en sitios estratégicos al alcance de los trabajadores, para posteriormente trasladarlos al sitio que indique la autoridad local competente. | X | X | --- |
| La **empresa** deberá acatar en todo momento las medidas de seguridad que señala PEMEX para el suministro, manejo y almacenamiento de combustibles, con el objeto de garantizar la protección de los trabajadores. | X | --- | --- |
| En caso de derrames, la **empresa** deberá proceder a la limpieza y restauración de suelos o cuerpos de agua contaminados, pudiendo para ello contratar a alguna empresa autorizada, de acuerdo con la normatividad vigente. | X | X | --- |
| El área de trabajo deberá contar con una adecuada señalización preventiva, restrictiva e informativa dirigida a la población en general, en donde se indiquen los trabajos que la **empresa** realizará en el lugar. | X | X | --- |
| El desarrollo de los trabajos autorizados se deberá realizar en la forma, tiempo y empleando el equipo y maquinaria manifestadas, de acuerdo con la información que obran en poder de esta Dirección General. | X | X | --- |
| La **empresa** deberá garantizar que en ningún momento el desarrollo del proyecto afecte la calidad de vida de los habitantes del poblado Naopa por emisiones de polvo, ruido o vibraciones sísmicas. | X | --- | --- |

| Condicionante | Proyecto | | |
|---|---|---|---|
| | Tajo Naopa | Tajo Acuatitla | Mod. Tajo Naopa |
| La **empresa** deberá presentar a esta Dirección General, dentro de los 30 días posteriores a su obtención, copia de los permisos emitidos por la autoridad competente correspondientes a disposición de aguas residuales, remoción de vegetación, disposición de residuos sólidos y manejo y almacenamiento de explosivos. | X | --- | --- |
| La **empresa** deberá presentar Informes Cuatrimestrales sobre el avance del proyecto y el cumplimiento de cada Término o Condicionante establecida en la presente autorización. | X | --- | --- |
| La empresa deberá obtener los permisos emitidos por la autoridad competente, correspondientes a disposición de aguas residuales, remoción de vegetación, disposición de residuos sólidos y manejo y almacenamiento de explosivos. | --- | X | --- |
| **Preparación del sitio y construcción** | | | |
| Previo a las actividades de desmonte faltantes, se deberá realizar el rescate de individuos de fauna del lugar que correspondan a especies sujetas a protección de acuerdo con la NOM-059-ECOL-94 como *Dendrortyx macroura*, *D. leucophys* (gallina de monte), *Dactylortyz thoracicus* (Chivizcoyo), *Lepus californicus* (liebre cola negra), *Sciurus oculatus* (ardilla rojiza), *Glaucomys volans* (ardilla voladora), *Bassariscus astutus* (cacomixtle) y *Taxidea taxus* (tlalcoyote), lo anterior considerando que dicha fauna fue reportada para el sitio del proyecto en la Manifestación de Impacto Ambiental.<br>Para tal efecto, se deberá instrumentar un Programa de Rescate en donde participe personal técnico altamente especializado. En él se deberá indicar claramente las especies incluidas, alcances y cronograma del programa, técnicas que emplearán durante el rescate, sitios de reubicación, acciones para garantizar la sobrevivencia de los individuos rescatados, etc. | X | X | --- |
| El Programa y sus primeros resultados, se deberán presentar a esta Dirección General, en un plazo de cuatro meses contados a partir de la fecha de recepción de la presente. Este programa debe incluir en su totalidad, las distintas áreas autorizadas para la instalación de la infraestructura del proyecto. | X | X | --- |
| La **empresa** deberá remitir en forma periódica a esta Dirección General, dentro de los informes cuatrimestrales, los resultados parciales del programa de rescate, incluyendo material gráfico que muestre los aspectos sobresalientes de cada etapa del programa. | X | X | --- |
| Los sitios en los que se permitirá realizar trabajos de desmonte, despalme, rellenos, excavación o nivelación, corresponden a las áreas en donde se instalará la infraestructura que se detalla en el Término Primero de la presente, ... | X | X | --- |
| Los trabajos de desmonte y despalme se realizarán en forma gradual y unidireccional, con el objeto de permitir la salida de la fauna silvestre que habita en el predio, permitiendo su reacomodo gradual en otras zonas. | X | X | --- |
| El material de despalme deberá ser rescatado para emplearse en los trabajos de reforestación. | X | X | --- |
| La **empresa** deberá comunicar a esta Dirección General, en un plazo de cuatro meses contados a partir de la fecha de recepción de la presente, los sitios y superficies que se destinarán para el rescate de suelo, debiendo a señalar las acciones que se contemplan para evitar la pérdida de material, debido a procesos de erosión hídrica o eólica. | X | X | --- |
| El material producto del desmonte correspondiente a especies herbáceas y arbustiva, se deberá triturar e incorporar al suelo que se rescatará durante el despalme del terreno, con el objeto de emplearlo durante los trabajos de restauración. | X | X | --- |
| En caso de requerir el uso de casas de campaña y polvorines, deberá presentar, dentro del primer informe cuatrimestral, un plano donde se señalen los sitios donde se pretendan ubicar. | --- | X | --- |
| La instalación de oficinas, talleres, tanques para combustibles, casas de campaña y polvorines, se deberá realizar incorporando la mayor cantidad de individuos de especies arbóreas y arbustivas presentes en el área. Por lo tanto, en las zonas en donde se instalará esta infraestructura, el desmonte deberá ser en forma selectiva y afectando exclusivamente las áreas estrictamente necesarias para el desplante de las edificaciones y de los caminos de acceso asociados. | X | --- | --- |
| La **empresa** deberá presentar, en un plazo de cuatro meses contados a partir de la fecha de recepción de la presente, un plano donde se indique la ubicación y superficies ocupadas por talleres, tanques para combustibles y casas de campaña. Cabe aclarar que dicha información | X | --- | --- |

| Condicionante | Proyecto | | |
|---|---|---|---|
| | Tajo Naopa | Tajo Acuatitla | Mod. Tajo Naopa |
| fue requerida en la visita al sitio del proyecto, pero no fue presentada junto con la Información Adicional recibida el 12 de marzo de 1997. Queda prohibido construir dichas instalaciones en áreas fuera de las 59-67-50 ha. | | | |
| Las áreas de almacenamiento de combustibles deberán conta en su base con un firme de concreto. Además, deberán instalarse diques de contención y equipo de bombeo para recuperación de líquidos, con el objeto de poder controlar cualquier derrame accidental que se presente. | X | --- | --- |
| La construcción del nuevo tramo de camino de acceso al poblado de Naopa, no deberá exceder los 1,390 m de longitud y 7 m de ancho; se podrán realizar ensanchamientos cada 200 metros, con el objeto de permitir la doble circulación. Además, se deberá apegar al plano adjunto al Anexo 1 de la Información Adicional presentada el 12 de marzo de 1997. | X | --- | --- |
| Se deberá instalar las obras de drenaje necesarias, con el objeto de garantizar que la construcción del camino de acceso al poblado Naopa, no modifique el patrón de drenaje natural de la zona. | X | X | --- |
| En el área de tajo, la extracción de material se deberá realizar vigilando la estabilidad de los taludes formados. Además, se realizarán las obras necesarias para encauzar escurrimientos pluviales, sin riesgo de erosión en zonas cercanas. | X | --- | --- |
| Para cubrir las necesidades del personal que trabajará en estas etapas del proyecto, se deberán instalar sanitarios portátiles en número suficiente, los cuales deberán recibir mantenimiento adecuado. | X | --- | --- |
| **Operación y mantenimiento** | | | |
| La **empresa promovente** deberá incluir dentro de los términos de contratación del personal, la obligación de cumplir con las medidas preventivas consideradas en esta resolución, así como las sanciones correspondientes por desacato a dichas disposiciones. Al respecto, se deberá remitir a esta Dirección General, copia del contrato tipo que se empleará para realizar la contratación del personal. | X | X | --- |
| Queda prohibido a la **empresa** depositar el material producto del descapote en sitios que no hayan sido previamente desmontados, con la aplicación correspondiente del programa de rescate. | X | X | --- |
| Durante la construcción de los terreros (sitios de disposición del material producto del descapote), se debe vigilar que el diseño de los taludes garantice la máxima estabilidad del depósito a largo plazo. Además, la pendiente en la zona de terreros debe permitir la incorporación del suelo sin riesgos graves de erosión hídrica o eólica, así como la posterior reforestación del área. | X | X | --- |
| El uso de explosivos se deberá apegar al procedimiento que establece la Secretaría de la Defensa Nacional para el manejo, transporte y almacenamiento *in situ* de explosivos. | X | X | --- |
| La **empresa** deberá verificar, en todo momento, que las cargas de explosivos que se utilicen en las operaciones de minado, no rebasen cantidades que puedan provocar daños a la salud de la población aledaña, derivados de los niveles de ruido y ondas de sobrepresión originadas. | X | X | --- |
| Queda prohibido el uso de plasteo. Para la fracturación de rocas de mineral con tamaño mayor al operable, la **empresa** deberá aplicar la técnica del moneo. | X | X | --- |
| En estas etapas del proyecto, la descarga de las aguas residuales de tipo doméstico se realizará en una planta de tratamiento. Una vez que se compruebe que el efluente cumple con la calidad de agua requerida, se podrá emplear en el riego de caminos, jardines o incorporarse al proceso de la planta. | X | --- | --- |
| En el área de los tajos, la extracción de material se deberá realizar vigilando la estabilidad de los taludes formados. Además, se realizarán las obras necesarias para encauzar escurrimientos pluviales, sin riesgo de erosión en zonas cercanas. | --- | X | --- |
| **Monitoreo y educación ambiental** | | | |
| La **empresa promovente** deberá presentar a esta Dirección General, en un plazo de 12 meses contados a partir de la fecha de recepción de la presente, el Plan General de Restitución del Sitio, en donde se indiquen plazos, actividades, técnicas, costos, etc., que se contemplan para garantizar la restauración en el corto y mediano plazo de los sitios afectados. | X | X | --- |

| Condicionante | Proyecto | | |
|---|---|---|---|
| | Tajo Naopa | Tajo Acuatitla | Mod. Tajo Naopa |
| El Plan debe contemplar el inicio de los trabajos de restauración desde el inicio del proyecto. En él, entre otras, se debe contemplar lo siguiente:<br>– El rescate y preservación de recursos físicos y biológicos que se puedan emplear en los trabajos de restauración.<br>– La estabilización de los taludes del tajo y terreros.<br>– La reforestación de los sitios afectados durante el desarrollo del proyecto.<br>– Remoción de construcciones que no tengan ningún uso desde sus cimientos.<br>– La disposición final de la infraestructura al término de su vida útil o al término de la vida útil del proyecto. | | | |
| Para compensar las pérdidas de cobertura vegetal que ocasionará el desarrollo del proyecto, la **empresa** deberá desarrollar un Programa de Reforestación, que contemple la reforestación de la superficie total afectada por el proyecto, incluyendo tajo, terreros, infraestructura de apoyo y 10.0 ha adicionales para compensar las actividades realizadas sin autorización previa. El programa se deberá presentar a esta Dirección General, en un plazo de doce meses contados a partir de la fecha de recepción de la presente, el cual contendrá los siguientes aspectos:<br>a) Listado de especies por utilizar (nombres comunes y científicos)<br>b) Ubicación en plano (indicando superficies), de las zonas por reforestar<br>c) Infraestructura empleada, señalando su ubicación y describiendo sus características sobresalientes<br>d) Densidades por unidad de área<br>e) Técnicas de cultivo o plantación<br>f) Actividades de mantenimiento propuestas<br>g) Calendarización de actividades<br>h) Fuentes de obtención de las plántulas y/o semillas para llevar a cabo la reforestación | X | X | --- |
| Las especies propuestas en el Programa de Reforestación estarán determinadas en función de la vegetación autóctona que originalmente ocupó el lugar, condiciones edáficas y topográficas del lugar, así como en el entorno paisajístico del sitio.<br>Port tal motivo, este programa debe ser el resultado de un estudio científico, a través del cual se identifiquen las especies de la flora silvestre local, que sean susceptibles de ser utilizadas en los trabajos de reforestación, eligiendo las técnicas apropiadas para realizar esta actividad. | X | X | --- |
| Queda estrictamente prohibido el uso de eucaliptos (*Eucalyptus sp.*), causarinas (*Casuarina sp.*), *Tamarix sp*. u otras especies exóticas, incluyendo especies de ornato, en las actividades de reforestación de los sitios afectados durante el desarrollo del proyecto. | X | X | --- |
| En las actividades de reforestación y jardinería, se deberá evitar el uso de plaguicidas tóxicos, de acuerdo con lo expresado en el Catálogo de Plaguicidas, publicado en el Diario Oficial de la Federación el 23 de agosto de 1995. | X | X | --- |
| **Relacionadas con el impacto ambiental en el DTU** | | | |
| La **empresa** deberá elaborar un programa para realizar el monitoreo de la estabilidad de los terreros, así como del arrastre de material estéril hacia sitios adyacentes, el cual deberá ser presentado a esta Dirección General, en un plazo de cuatro meses contados a partir de la fecha de recepción de la presente. | X | --- | --- |
| De acuerdo con la información que obra en poder de esta Dirección General, en el área de influencia del proyecto es posible encontrar individuos de la fauna que corresponden a especies en régimen de protección como *Dendrortyx macroura*, *D. leucophys* (gallina de monte), *Dactylortyz thoracicus* (Chivizcoyo), *Lepus californicus* (liebre cola negra), *Sciurus oculatus* (ardilla rojiza), *Glaucomys volans* (ardilla voladora), *Bassariscus astutus* (cacomixtle) y *Taxidea taxus* (tlalcoyote).<br>Con el objeto de proteger a individuos que pertenecen a especies sujetas a protección, la **empresa** deberá elaborar y ejecutar un Programa de Conservación y Vigilancia Participativa, a través del cual se involucre al personal de la **empresa** y de las comunidades vecinas en | X | --- | --- |

| Condicionante | Proyecto | | |
|---|---|---|---|
| | Tajo Naopa | Tajo Acuatitla | Mod. Tajo Naopa |
| acciones de vigilancia, educación, monitoreo, investigación y evaluación poblacional, con el objeto de dar a conocer la importancia de conservar este tipo de especies y su hábitat. | | | |
| El Programa de Conservación y Vigilancia Participativa deberá ser elaborado y ejecutado por personal especialista en el área, y remitirlo a esta Dirección General, en un plazo de cuatro meses contados a partir de la fecha de recepción de la presente.<br>Dentro del programa se debe indicar y justificar cada una de las acciones por ejecutar señalando: frecuencia de monitoreos, técnicas que emplearán, parámetros que serán considerados, técnicas de análisis de los resultados, etc. | X | X | --- |
| La empresa deberá elaborar e implementar un Programa de Educación Ambiental, en el que participe todo el personal de la misma. Dicho programa deberá ser presentado a esta Dirección General, en un plazo de cuatro meses contados a partir de la fecha de recepción del presente oficio. | X | X | --- |
| Para asegurar que los trabajadores no sean afectados por las partículas de compuestos de manganeso de fracción respirable, la empresa deberá elaborar e implementar un Programa de Examinación Médica al personal. El programa deberá ser presentado a esta Dirección general, en cuatro meses contados a partir de la fecha de recepción de la presente. En caso de observar afectaciones, deberá aplicar las medidas necesarias para evitarlas y aplicar un examen médico a los habitantes del poblado Naopa. | X | X | --- |
| Los resultados del monitoreo de estabilidad de terreros, así como los del Programa de Conservación y Vigilancia Participativas, Programa de Educación Ambiental y Programa de Examinación Médica, sus análisis, la descripción detallada de las técnicas utilizadas y las memorias técnicas correspondientes, se deberán remitir dentro de los informes cuatrimestrales. | X | X | --- |
| Deberá ejecutar las Actividades de Rescate y Reubicación de los ejemplares de flora y fauna que señaló en el DTU-A, las cuales esta Delegación Federal las considera como validadas para su realización. Los resultados del cumplimiento del presente término se incluirán en los reportes a los que se refiere el término XVII de este resolutivo. | --- | --- | X |
| La vegetación forestal presente fuera de la superficie en la que se autoriza el CUSTF, no podrá ser afectada por los trabajos y obras relacionadas con el desarrollo del Proyecto, en caso de ser necesaria su afectación, se deberá contar con la autorización de cambio de uso de suelo en terrenos forestales correspondientes. | --- | --- | X |
| Los residuos forestales resultantes del desmonte deberán ser triturados o picados para su reincorporación al suelo, y/o en su defecto el retiro de estos, evitando su apilamiento y la obstrucción de los cauces de agua, … | --- | --- | X |
| Previo a las labores de desmonte y despalme por el desarrollo del **Proyecto**, se deberán ahuyentar las especies de fauna silvestre presentes en el área de trabajo, en su caso, se deberá rescatar y liberar a los individuos que estén presentes en dichas áreas y que no puedan desplazarse por sí mismos… | --- | --- | X |
| Se deberá dar cumplimiento a las medidas de prevención y mitigación de los impactos sobre los recursos forestales, la flora y fauna silvestre consideradas en el estudio técnico justificativo, así como de los criterios ecológicos establecidos en el Programa de Ordenamiento Ecológico Territorial del Estado de Hidalgo correspondiente al **Proyecto** (especificadas en el Considerando DECIMOTERCERO del presente documento), además de las normas oficiales mexicanas, así como lo que indique otras instancias en el ámbito de sus respectivas competencias… | --- | --- | X |
| Deberá presentar ante esta Delegación Federal para su validación, en un plazo no mayor a 60 días hábiles después de notificado el presente resolutivo, el Programa de Reforestación propuesto dentro del DTU-A, el cual deberá considerar la repoblación de especies nativas de la región de interés biológico para su conservación… | --- | --- | X |
| Deberá conservar la superficie forestal establecida como de amortiguamiento y protección (60% de la superficie total arbolada) propuesta dentro del DTU-A, las actividades de mantenimiento y protección de dicha área deberán informarlas conforme a lo establecido en el término XV del presente documento. | --- | --- | X |
| La empresa Compañía Minera Autlán S.A.B. de C.V., será la única responsable de realizar las obras y gestiones necesarias para mitigar, restaurar y controlar todos aquellos impactos | --- | --- | X |

| Condicionante | Proyecto | | |
|---|---|---|---|
| | Tajo Naopa | Tajo Acuatitla | Mod. Tajo Naopa |
| ambientales adversos, atribuibles a la construcción y operación del Proyecto que no hayan sido considerados o previstos en el estudio técnico justificativo y en la presente autorización. | | | |
| Queda estrictamente prohibido:<br>• Verter cualquier sustancia residual a algún cuerpo de agua cercano a la obra.<br>• La caza, captura, aprovechamiento y afectación de cualquier tipo de especie de flora y fauna silvestre en el área del Proyecto y áreas adyacentes a la misma.<br>• Afectar áreas distintas y/o mayores a las correspondientes a la obra que se manifiesta.<br>• Descargar a cielo abierto aguas residuales o contaminar el suelo y agua, mediante cualquier tipo de residuos.<br>• Derramar lubricantes, grasas, aceites y otros que pudieran dañar o contaminar los suelos y acuíferos.<br>• El uso del fuego y productos químicos para realizar cualquier etapa del Proyecto.<br>• Esparcir en el área los desechos sólidos y líquidos producidos en los campamentos. | --- | --- | X |
| Establecer y conservar una superficie de al menos 50 ha como "área destinada voluntariamente a la conservación" en los términos de los artículos 55 BIS y 77 BIS de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente y demás aplicables. Asimismo, reportar a esta unidad Administrativa los avances de dichas gestiones. | --- | --- | X |
| Establecer y operar (a través de la promovente o de un tercero) un Centro de Educación Ambiental que ejecute labores de capacitación a las comunidades, con énfasis en temas de conservación de flora y fauna, servicios ambientales, desarrollo rural sustentable, así como la conservación de Áreas Naturales Protegidas. Deberán programarse actividades mensuales durante toda la vida útil del proyecto (20 años). Su propuesta deberá presentarla en un plazo máximo de 30 días después de recibir el presente oficio de modificación. | --- | --- | X |

De los listados de medidas ambientales propuestas en los estudios sometidos a evaluación de impacto ambiental y del conjunto de condicionantes establecidas por la autoridad ambiental en los oficios resolutivos, en esta MIA-R integradora se retoman aquellas que aún apliquen a las condiciones actuales del medio ambiente y la ejecución de las obras y actividades. Algunas de las medidas propuestas serán modificadas y otras ya no se incluirán por su inaplicabilidad. Por otro lado, este nuevo planteamiento de medidas ambientales incluirá nuevas medidas ambientales acorde con la nueva legislación y el avance en el desarrollo de medidas para la prevención y mitigación de impactos ambientales.

En el caso de los impactos residuales, se cuenta con acciones de mitigación que han demostrado ser eficientes. Además, como parte del planteamiento de medidas ambientales, se considera la inclusión de medidas ambiental tendientes a compensar parte de la afectación que el desarrollo del proyecto ocasiona al medio ambiente, entre ellas la conservación 371.5053 ha, de las cuales 176.8578 ha estarían ubicadas en el área de Unidad Minera Molando, 179.5618 ha en la Unidad Minera Naopa y 15.0857 ha en el Unidad Minera Nonoalco.

Algunas de las medidas identificadas tienen aplicación general, es decir, poseen efectos favorables para la prevención o mitigación de impactos en más de un factor ambiental; otras, en cambio, son específicas a un solo factor ambiental, algún componente u obra del proyecto, o alguna de sus etapas.

Adicionalmente, se incluyen medidas orientadas a la prevención o mitigación de efectos asociados con actividades que, aunque no fueron consideradas relevantes en la evaluación por no generar impactos ambientales considerados moderados o significativos, acumulativos o residuales, se integran al conjunto de acciones previstas por la Compañía Minera Autlán.

## VI.1. Descripción de la medida o programa de medidas de mitigación o correctivas por componente ambiental

El conjunto de medidas ambientales que se proponen ejecutar tiene su origen en el resultado del proceso implementado para la identificación de impactos ambientales, el cual estuvo constituido por la aplicación de un conjunto de técnicas que incluyó una revisión de matrices causa – efecto genéricas realizadas en proyectos del mismo tipo desarrollados a nivel nacional, sobreposición de mapas, lista de chequeo, la realización de una matriz de relación causa – efecto y, con la finalidad de poder jerarquizar los impactos, se realizó un análisis semicuantitativo con el método matricial denominado *Rapid Impact Assessment Method* modificado (RIAM-M) (Pastakia, 1998; Ijäs *et al.*, 2010).

En total se identificaron 31 diferentes impactos ambientales potenciales a generarse por el desarrollo del proyecto, entre adversos y benéficos (Tabla V.9). Cada uno de ellos con la posibilidad de presentarse en las cuatro diferentes etapas de desarrollo del proyecto que se somete al procedimiento de evaluación y dictaminación en materia de impacto ambiental a través de la presente MIA-R que integra las obras y actividades del proyecto **"Distrito Minero Autlán"**, más las nuevas obras y áreas y las ampliaciones indicadas en el capítulo II. No obstante, debido a las obras y actividades que implica el desarrollo y las condiciones ambientales del predio, algunos solo se generarían en una o dos de las etapas. Estos 31 impactos son el resultado de la interacción de 62 obras y actividades que involucran la ejecución del proyecto con los 31 subfactores de tipo ambiental, social y económico, dando como resultado la identificación de 475 relaciones susceptibles de recibir un cambio, tanto adversas como benéficas, solo considerando las más relevantes (Tabla V.5).

De acuerdo con el resultado obtenido en la matriz de identificación de impactos, en las etapas de preparación del sitio se tendrían 24 impactos ambientales, 26 en la de construcción, 27 en la operación y mantenimiento y mismo número en la etapa de abandono. La generación de estos impactos está relacionada con las obras y actividades específicas que diferencian a cada una de las etapas consideradas en el análisis del proyecto.

De los 27 impactos ambientales identificados en la etapa de preparación del sitio, 21 resultaron ser adversos y solo tres benéficos. De los 21 adversos, 13 se consideran impactos negativos ligeros, siete negativos moderados y solo uno significativo. Este último está relacionado con la afectación a ejemplares de flora silvestre de especies en categoría de riesgo.

De los 26 impactos ambientales potenciales a generarse en la etapa de construcción, 19 resultaron ser adversos y siete benéficos o positivos. 13 impactos adversos clasificaron como ligeros, cinco moderados y uno como significativo. Y, de los siete benéficos, tres clasificaron como impactos significativos, mismo número de moderados y uno ligero.

En la etapa de operación y mantenimiento del proyecto se identificaron 27 impactos ambientales potenciales en total, de los cuales 20 son adversos y siete positivos. De los 20 impactos adversos, 10 clasificaron como ligeros y mismo número como moderados. Por otro lado, de los siete impactos positivos, seis alcanzaron la clasificación de significativos y el restantes como moderado.

Finalmente, de los 27 impactos ambientales totales identificados a generarse en la etapa de abandono, resultó que cinco serían adversos y 22 positivos. Cuatro de los impactos adversos clasificaron como ligeros y el otro como negativo mayor. Y, de los impactos positivos, 14 se consideran moderados y ocho ligeros.

Es importante mencionar que el impacto del proyecto sobre la superficie del terreno es directo y que los principales aspectos para la prevención y mitigación de los impactos identificados se basan ampliamente en lo considerado en el programa de vigilancia ambiental que la empresa ha ejecutado como parte de la operación de los proyectos autorizados, el cual se propone ampliar y seguir implementando para el desarrollo del proyecto y se presenta en este capítulo para consideración de la autoridad.

El programa que se propone ejecutar involucra un conjunto de medidas ambientales con el fin de prevenir, mitigar y compensar los impactos ambientales potenciales a generarse por el proyecto. Agrupadas y ejecutadas, todas las medidas ambientales le dan al proyecto la sostenibilidad que se busca en la ejecución de las actividades de exploración y explotación minera.

Es preciso referir que se contratará un equipo de asesores especializados en temas ambientales y de seguridad, quienes serán los encargados de vigilar el cumplimiento de las medidas ambientales, colaborar en la elaboración de los reportes e informes de los resultados obtenidos y de proponer medidas más eficientes en caso de encontrarse desviaciones en los resultados esperados.

El listado de las medidas ambientales está ligado directamente con las fichas descriptivas de impactos ambientales, siguiendo el mismo orden de presentación, por etapa de desarrollo del proyecto. Se siguió este procedimiento para facilitar la labor de la autoridad al momento de verificar que cada uno de los impactos ambientales potenciales adversos identificados y descritos tuvieran su propia medida ambiental.

En las fichas descriptivas de impactos ambientales elaboradas para el Capítulo V de esta MIA-R se presenta, de manera detallada, el impacto ambiental, el tipo de impacto, el factor y subfactor ambiental que se vería afectado, las obras y actividades que lo originan, se describe detalladamente el impacto, se asigna su código de identificación, se presenta la valoración por criterio de valoración del impacto y el valor final (numérico y alfabético), tal cual lo muestra la ficha de muestra que se presenta a continuación.

| **IMPACTO AMBIENTAL (No. XX): (Nombre)** | | | |
|---|---|---|---|
| **Etapa** | Etapa del proyecto en la cual se presenta el impacto | | |
| **Factor ambiental impactado:** | Factor / subfactor | | |
| **Tipo de impacto:** | Adverso / Benéfico | | |
| **Actividades causantes:** | Incluye obras y actividades que originan la afectación | | |
| **Descripción:** | Se describe el tipo de impacto, incluyendo el origen y forma de manifestarse. | | |
| **Descripción para evaluación RIAM modificado** | | | |
| **Componente de evaluación (código)** | Se asigna el código considerando los componentes de evaluación determinados por los factores y subfactores a ser afectados. | | |
| **Criterio** | **Valor** | **Comentario** | |
| A1: Importancia | | | |
| A2: Magnitud | | | |
| B1: Permanencia | | | |
| B2. Reversibilidad | | | |
| B3. Acumulabilidad / sinergia | | | |
| B4. Susceptibilidad | | | |
| Valor de la evaluación (ES) | | Valor alfabético | |

En la Tabla VI.3 se presentan las medidas ambientales, según la etapa de desarrollo del proyecto, para los **impactos ambientales adversos**, incluyendo a los clasificados como acumulativos y residuales. El orden de su inclusión y descripción sigue el de la presentación de los impactos ambientales potenciales, poniendo énfasis en los clasificados como significativos, identificados según el resultado del proceso de valorización de impactos del capítulo V. Cuando en una misma etapa de desarrollo se encontró que un conjunto de medidas aplicaba para diversos impactos, se agruparon para mayor claridad, ser más precisos y menos redundantes.

En este análisis, no se consideran medidas ambientales para los impactos ambientales benéficos, ya que estos no deben ser prevenidos ni mitigados, sino todo lo contrario, de lo que se trata es de potenciar su efecto cuando se presentan, pero sin poner en riesgo la viabilidad ambiental, social y económica del proyecto.

Por tratarse de una manifestación de impacto ambiental, modalidad regional, que integra obras y actividades ya autorizadas en la materia, la modificación de algunas de ellas y adiciona nuevas obras y actividades, en el que no se identificaron la generación de impactos ambientales diferentes a los identificados originalmente, las medidas ambientales que se proponen son las que se han venido implementando durante la ejecución del proyecto autorizado.

Si bien, la mayoría de las medidas ambientales a las que se hace referencia en la Tabla VI.3 ya se vienen implementando o ya fueron propuestas en los estudios ambientales previamente sometidos al procedimiento de evaluación de impacto ambiental, se retoman en la presente MIA-R integradora y se redactan en tiempo futuro, o se hace énfasis de su implementación, considerando el carácter preventivo de todos los estudios de impacto ambiental.

***Tabla VI.3. Medidas ambientales propuestas para impactos ambientales adversos identificados durante la etapa de identificación y evaluación de impactos, por etapa de desarrollo del proyecto, incluyendo las medidas para impactos acumulativos y residuales.***

| Código | Impacto ambiental | Medida ambiental | Indicador de impacto | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | Nombre | Objetivo | Cálculo |
| **Preparación del sitio** | | | | | |
| FQ-1 | Cambio en la conformación topográfica natural del terreno y de patrones de sedimentación de sustratos | • Medida de mitigación: La actividad de nivelación se realiza paulatinamente conforme se avance en el plan constructivo de las obras y de desarrollo de las actividades mineras para evitar tener áreas desprotegidas por un periodo largo de tiempo.<br>• Medida de mitigación: Se rescatará y protegerá la capa de suelo superior, la cual incluye los horizontes orgánico y aluvial y una capa de entre 20 y 25 cm de profundidad, con la finalidad de ser reutilizado en las actividades de rescate y reubicación de flora silvestre, operación del vivero y en la restauración de áreas afectadas una vez que cumplan su periodo de vida útil. Se tiene considerado ocupar 0.90 ha para concentrar el suelo rescatado.<br>• Medida de mitigación: Solo se nivelará y rescatará el suelo de aquellas áreas en las que se tiene proyectado realizar el desplante de obras. Por ningún motivo se nivelarán sitios fuera de las áreas indicadas en el capítulo II que funcionarían para el desplante de las obras del proyecto.<br>• Medida de prevención: Para protección contra la erosión del material producto del descapote y rescate de suelo, se colocará una capa rocosa de protección contra pendiente para reducir la pérdida de material colectado por arrastres.<br>• Medida de mitigación: Se realizarán obras para el control de la erosión hídrica, como canales, bordos curva nivel, caminos y sedimentadores.<br>• Medida de mitigación: Se revestirán los caminos principales y de acceso a las áreas de trabajo.<br>• Medida de mitigación: En las áreas nuevas de cambio de uso de suelo, el material producto del desmonte será incorporado a través de la dispersión de material vegetativo para retener el suelo en las áreas conservación, restauración y protección de suelo, así como en aquellas que no se vayan a intervenir y que requieran protección contra la erosión durante esta etapa y en tanto no inicien las etapas de construcción y operación y mantenimiento. | Conservación del relieve y patrones de escorrentía | Minimizar el cambio de relieve y el flujo de los movimientos de agua superficiales en las áreas de influencia del proyecto por efecto del desarrollo de las obras y actividades | Superficie acondicionada para las actividades operativas del proyecto con respecto a la superficie total del área y cambio de la pendiente en las áreas acondicionadas con respecto a la pendiente promedio del área (la pendiente se mide directamente con un clinómetro o equipo topográfico). |
| FQ-2 | Pérdida de horizontes del suelo en áreas del desplante | | Preservación de horizontes del suelo con mejores características físicas, químicas y microbiológicas. | Conservar la parte del suelo con mayor contenido de materia orgánica, mayor contenido de nutrientes disponibles para las plantas, mayor diversidad de micro y macroorganismo del suelo y con contenido de semillas de especies de flora silvestre. | El procedimiento de determinación está definido en la NOM-021-RECNAT-2000; USDA (1999); Cuanalo (1981); IUSS Working Group WRB (2015); FAO (2020). |
| FQ-10 | Alteración del proceso de infiltración de agua al manto freático | | | | |
| FQ-3 | Afectación de las propiedades físicas del suelo (Permeabilidad) | | Preservación de las propiedades físicas del suelo y | Mantener con la menor variación posible las propiedades físicas | |

| Código | Impacto ambiental | Medida ambiental | Indicador de impacto | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | **Nombre** | **Objetivo** | **Cálculo** |
| | | • Medida de prevención: Los equipos automotores se estacionarán en áreas de desplante de obras habilitadas para evitar infiltración de fugas y derrames de hidrocarburos y sin suelo orgánico que pueda sufrir alteración de sus propiedades físico por compactación.<br>• Medida de mitigación: Se prohibirá la circulación de maquinaria pesada por las áreas no autorizadas para el cambio de uso del suelo (fuera de los caminos existentes).<br>Para este tipo de impactos no existen normas oficiales mexicanas que establezcan límites máximos permisibles. | estabilización de áreas de desplante | de los suelos en las áreas de intervención: textura, estructura, porosidad, color y estabilización. | |
| FQ-4 | Cambio de las propiedades químicas y biológicas del suelo | • Medida de prevención: Durante el tiempo que la maquinaria esté estacionada, el suelo deberá tener una protección contra posibles fugas o derrames de hidrocarburos de los depósitos de los automotores.<br>• Medida de prevención: Para evitar posibles derrames de hidrocarburos durante el reabastecimiento directo en las áreas de apoyo, se aplicará un procedimiento para el relleno de depósitos, el cual aplica desde el manejo de hidrocarburos, el relleno de los equipos y las medidas preventivas para evitar derrames.<br>• Medida de mitigación: Para disminuir las fugas y derrame de hidrocarburos, toda la maquinaria y vehículos que se encuentren operando serán sometidos a un programa de servicio y mantenimiento preventivo para evitar altas emisiones de gases con partículas contaminantes. Además, al inicio del turno de trabajo se realizará una inspección preoperativa para verificar que los equipos estén funcionando correctamente.<br>• Medida de prevención: Las reparaciones de maquinaria y equipos automotores propiedad de la empresa se realizarán en los talleres de mantenimiento construidos y acondicionados para ello. En los frentes de trabajo solo se realizarán trabajos de mecánica en casos de emergencia para poder mover los equipos averiados por accidentes a los talleres mecánicos. Por Ningún motivo se efectuarán reparaciones de maquinaria en área cercanas a los cauces de cuerpos de agua superficiales.<br>• Medida de mitigación: El suelo y material pétreo contaminado por derrames y fugas de hidrocarburos u otras sustancias químicas residuales serán colectados y almacenados en los almacenes temporales de residuos peligrosos de la empresa para el manejo, | Contaminación del suelo en las áreas de acción directa por el desarrollo del proyecto. | Reducir la generación de residuos sólidos urbanos y peligrosos. | El procedimiento de determinación y valores de referencia en la NOM-021-RECNAT-2000. Cuanalo (1981); Perevochtchikova (2013), refiere que el indicador ambiental para la evaluación del impacto de los residuos, tanto de los que denomina como industriales como de los orgánicos, es su producción ($m^3$), así como su reciclaje (proporción del volumen que es generado que es reciclado, %); FAO (2020). |

| Código | Impacto ambiental | Medida ambiental | Indicador de impacto | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | Nombre | Objetivo | Cálculo |
| | | transporte y disposición final por parte de una empresa autorizada por la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales ("SEMARNAT") y la Secretaría de Comunicaciones y Transportes ("SCT") para el manejo y transporte de residuos peligrosos. Para complementar esta medida, se elaborará un manual de procedimientos ambientales y de seguridad en el manejo de sustancias químicas e hidrocarburos, el cual incluya un plan de prevención y respuesta a derrames.<br>• Medida de prevención: Se habilitarán sitios delimitados y claramente señalados para la disposición temporal de residuos de manejo especial producto de las actividades de derribo. Posteriormente, los residuos de manejo especial generados se dispondrán en el área específica del relleno sanitario de la empresa.<br>• Medida de mitigación: Se dispondrá de contenedores con tapadera para la disposición temporal de residuos sólidos urbanos distribuidos de acuerdo como estén los frentes de trabajo. En cada local habrá contenedores rotulados para la disposición de residuos orgánicos, inorgánicos en general y plástico en específico. Las tapaderas tienen la función de evitar la dispersión de los residuos, el ingreso de fauna silvestre a buscar alimento y evitar que se mojen los residuos contenidos.<br>• Medida de mitigación: Todos los residuos sólidos de tipo urbano colectados y almacenados temporalmente en el predio serán dispuestos en el relleno sanitario de la empresa.<br>• Medida de mitigación: Se instalarán baños portátiles en los frentes de trabajo que no tengan disponibilidad de sanitarios a razón de uno por cada 20 trabajadores. Los sanitarios portátiles consistirán en módulos individuales de fibra de vidrio o plástico que contarán con ventilación adecuada y un tanque colector en su base. El servicio se contratará a una empresa especializada de la región que cuente con las autorizaciones correspondientes, entre ellas la del manejo y disposición de aguas residuales. Los servicios sanitarios se colocarán en sitios estratégicos para facilitar el acceso a los trabajadores. | | | |
| FQ-5 | Alteración de la concentración de partículas sólidas y gases en el aire | • Medida de mitigación: Se asegurará que la maquinaria y vehículos utilizados durante esta etapa del proyecto no generen emisiones a la atmósfera superiores a los límites máximos permisibles en la | Contaminación ambiental de la calidad del aire. | Reducir las emisiones de agentes contaminantes por | Valores de referencia y procedimiento en: NOM-041-y NOM-045-SEMARNAT-2017, NOM- |

| Código | Impacto ambiental | Medida ambiental | Indicador de impacto | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | Nombre | Objetivo | Cálculo |
| | | normatividad oficial mexicana aplicable (NOM-041-SEMARNAT-2015 y NOM-045-SEMARNAT-2017).<br>• Medida de mitigación: Toda la maquinaria y vehículos que se encuentren operando serán sometidos a un programa de servicio y mantenimiento preventivo en los talleres de la empresa para evitar altas emisiones de gases con partículas contaminantes.<br>• Medida de mitigación: Para minimizar la suspensión de partículas del aire, los vehículos automotores deberán circular en caminos de terracería a una velocidad máxima de 40 km $h^{-1}$ en los caminos internos del proyecto y caminos adyacentes a las unidades mineras para personal de la mina y contratistas.<br>• Medida de mitigación: Durante la operación de maquinaria en la nivelación se aplicarán riegos en las áreas de trabajo con la finalidad de mitigar la suspensión de partículas de polvo, así como en los caminos internos del proyecto que estén en uso. En caso de observar efectos adversos a la calidad del aire por el tránsito de vehículos y maquinaria, se aplicará algún tratamiento a los caminos o se hará uso de supresores de polvo o estabilizadores de suelo. Con estas acciones se ayuda a disminuir la huella hídrica del proyecto.<br>• Medida de mitigación: Los vehículos que transporten material suelto que pueda ocasionar su dispersión durante el traslado se cubrirá con una lona.<br>• Medida de prevención: Quedará prohibido la quema de cualquier tipo de residuos en las áreas de trabajo, esto incluye los residuos sólidos generados y los orgánicos producto del deshierbe y desmonte de las áreas de afectación para evitar la producción de humo y partículas contaminantes.<br>• Medida de prevención: Se realizarán monitoreos anuales de partículas $PM_{10}$ y $PM_{2.5}$ para evaluar la calidad del aire en áreas activas de las unidades mineras y determinar la efectividad de las medidas ambientales implementadas y sirvan de base en la toma de decisiones en la evaluación del desempeño ambiental del proyecto. | | gases y partículas producto de la combustión de combustibles y operación de automotores. | 023-SSA1-2021 y NOM-025-SSA1-2021. |
| FQ-6 | Generación de ondas acústicas fuertes, no | • Medida de mitigación: Para la protección de los trabajadores, en caso de que las emisiones sonoras que se generen durante el proceso de excavación, u otras actividades, lleguen a rebasar los 90 | Contaminación ambiental por emisiones de ondas | Reducir las emisiones de ondas acústicas | Valores de referencia y procedimiento en: NOM-080-SEMARNAT-1994; |

| Código | Impacto ambiental | Medida ambiental | Indicador de impacto | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | Nombre | Objetivo | Cálculo |
| | deseadas y desagradables para el sentido | dB(A), por más de ocho horas de exposición continua, deberán usar su equipo de protección especial como medida preventiva de afectaciones a su salud.<br>• Medida de mitigación: La maquinaria, vehículos y equipos automotores que se usen serán sometidos a un programa estricto de mantenimiento preventivo para evitar las fallas mecánicas. Además, se supervisará que la maquinaria y vehículos cuenten con silenciadores para reducir las emisiones sonoras durante su operación. Para ello, se verificará que no se rebasen los límites máximos permisibles de emisión de ruido para vehículos automotores establecidos en la NOM-080-SEMARNAT-1994, los cuales son: 86 dB(A) para vehículos de hasta 3,000 kg de peso bruto; 92 dB(A) para vehículos con un peso bruto mayor de 3,000 kg y menor a 10,000 kg y, 99 dB(A) para vehículos automotores con peso bruto superior a los 10,000 kg.<br>• Medida de mitigación: La maquinaria y vehículos deberán contar con silenciadores de escapes y sistemas de amortiguamiento de ruidos.<br>• Medida de mitigación: Durante las etapas de preparación del sitio y construcción, la actividad de la maquinaria, vehículos y equipos automotores que generen la mayor intensidad sonoro estará restringida entre las 10 pm y 6 am, para evitar afectaciones a individuos de especies nocturnas, así como a los pobladores de localidades vecinas.<br>• Medida de mitigación: Se contará con una bitácora del equipo y maquinaria para el registro del calendario y tipo de mantenimiento requerido para los automotores que sean requeridos para el desarrollo del proyecto. | acústicas fuertes y molestas al oído. | fuertes, no deseadas y desagradables para el sentido. | NOM-081-SEMARNAT-1994; NOM-011-STPS-2001; (WHO, 1999). |
| FQ-8 | Alteración de la composición física, química y/o bacteriológica en el agua superficial | • Medida de mitigación: La actividad de nivelación se realiza paulatinamente conforme se avance en el plan constructivo de las obras para evitar tener áreas desprotegidas por un periodo largo de tiempo y evitar la pérdida de suelo por arrastre de la escorrentía.<br>• Medida de mitigación: Quedará prohibido almacenar material en zonas no autorizadas y con alto riesgo de arrastre de material a cuerpos de agua superficiales y el suelo rescatado se dispondrá en su área de disposición inmediatamente después del desmonte. | Cambio en la calidad física, química y bacteriológica del agua superficial. | Prevenir la dispersión de sedimentos suspendidos y la contaminación del agua por la realización de actividades mineras. | Valores de referencia y procedimiento en: NOM-001-SEMARNAT-2021; NOM-003-SEMARNAT-1997; NMX-AA-038-SCFI-2001 (Análisis de agua – determinación de turbiedad en aguas naturales, residuales y residuales tratadas). |

| Código | Impacto ambiental | Medida ambiental | Indicador de impacto | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | Nombre | Objetivo | Cálculo |
| | | • Medida de mitigación: Se dispondrán contenedores con tapaderas para el almacenamiento temporal de los residuos generados en los frentes de trabajo y así evitar su dispersión y riesgo de contaminar cuerpos de agua superficiales.<br>• Medida de mitigación: Para evitar que los trabajadores realicen sus necesidades fisiológicas en áreas abiertas, se emplearán sanitarios portátiles en cada uno de los frentes de trabajo, con mantenimiento diario por parte de la empresa contratada para brindar el servicio, manteniendo una relación máxima de 20 trabajadores por sanitario o uno cada 200 m.<br>• Medida de prevención: Durante la vida útil del proyecto se contempla realizar muestreos periódicos al agua superficial y sedimentos de arroyos, con el fin de detectar y corregir cualquier alteración que pudiera atribuirse a las operaciones mineras.<br>• Medida de mitigación: Todas las aguas residuales generadas como parte de las actividades operativas del personal serán tratadas en las plantas de tratamiento de aguas residuales habilitadas específicamente para el servicio de las unidades mineras. | | | |
| FQ-9 | Cambio en los flujos y movimientos de agua superficial temporal | • Medida de mitigación: Para evitar bloqueos del flujo de agua y acumulación en zonas de escorrentía, se instalarán obras de drenaje que permitirán y favorecerán el libre paso de las corrientes de agua formadas por escorrentía. | Interrupción y cambios de flujos de agua superficiales. | Favorecer los flujos de agua superficiales internos. | Relación número de flujos identificados y número y tipo de obras de drenaje y conducción de agua construidos o habilitados para redirección el sentido de la escorrentía. |
| BE-1 | Cambio de la abundancia de individuos de especies de flora silvestre | • Medida de mitigación: No se llevarán a cabo deshierbes ni desmontes fuera de las áreas previamente delimitadas para el desplante de obras y que deban someterse a cambio de uso de suelo.<br>• Medida de mitigación: La remoción de la vegetación en áreas adicionales en la que se desarrolla vegetación forestal se realizará de manera mecánica y con la ayuda de herramientas manuales, como machetes, azadones, cortadoras, entre otras de este tipo. No se efectuará la aplicación de herbicidas desecantes o retardadores del crecimiento, fuego o algún otro método de este tipo para llevar a cabo el deshierbe. | Afectación de la presencia de ejemplares de flora silvestre | Prevenir la afectación a ejemplares de flora silvestre por las actividades de acondicionamiento a realizar como parte de la ejecución del proyecto. | Densidad (individuos $ha^{-1}$) y diversidad (número de especies), por asociación vegetal de acuerdo con trabajos de investigación en la región; Ferro-Díaz (2015).<br>Superficie por afectar por tipo de asociación vegetal presente en la región de referencia; Ferro-Díaz (2015). |
| BE-2 | Modificación de la superficie y distribución | | | Mantener la superficie del área | |

| Código | Impacto ambiental | Medida ambiental | Indicador de impacto | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | Nombre | Objetivo | Cálculo |
| | de la cobertura y tipo de vegetación | • Medida de mitigación: Los residuos vegetales generados por las actividades de deshierbe y desmonte deberán ser triturados o picados y mezclados con el suelo rescatado o enviados a algún sitio cercano para que sean esparcidos y actúen como mejoradores de suelos y como medida de prevención de erosión eólica e hídrica.<br>• Medida de prevención: Se realizará un análisis de riesgos físicos con la herramienta Earth Scan, u otra de análisis similar, el cual implica un análisis de la evolución de las condiciones ambientales del predio y permite ir prediciendo su evolución a través del tiempo.<br>• Medida de mitigación: Previo a la remoción de la cobertura vegetal se revisarán las áreas a afectar para verificar la presencia de individuos susceptibles de ser rescatados y reubicados. Durante la realización de esta actividad, se dará preferencia al rescate y reubicación de individuos de especies listadas en categoría de riesgo de acuerdo con la norma oficial mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010, teniendo, en dado caso, prioridad para ser rescatado y reubicado. Entre los criterios a considerar para seleccionar los individuos a rescatar para su reubicación se considerarán, además de su categoría de riesgo: representatividad de la especie, estado de madurez del individuo y condición física del ejemplar (salud: que esté libre de plagas, enfermedades y que tenga una buena condición nutrimental). De las 252 especies identificadas de flora silvestre a nivel de SAR, ocho se encuentran en la lista de especies en categoría de riesgo, de las cuales cuatro se clasifican como especies sujetas a protección especial (Pr), tres especies amenazadas (A) y una en peligro de extinción (P).<br>• Medida de mitigación: Se colectará germoplasma de especies de interés biológico para su reproducción, ya sea sexual o asexual. Esta actividad podrá llevarse a cabo en los viveros de la empresa, ubicado dentro de las unidades mineras, que tendrá como finalidad manejar los ejemplares rescatados y reproducir aquellas especies en las que no sea posible rescatar los ejemplares presentes en las áreas de afectación para ser usados en las actividades de reforestación y restauración de áreas afectadas.<br>• Medida de mitigación: Los sitios donde serán reubicados los ejemplares rescatados deberán tener características similares a los sitios de origen. | Superficie que cuenta con cobertura vegetal | de incidencia del proyecto con la mayor cobertura vegetal natural posible, de acuerdo con las condiciones de coberturas previas al inicio del proyecto. | |
| BE-3 | Afectación a ejemplares de flora silvestre de especies en categoría de riesgo | | | | |
| FQ-7 | Cambio en el comportamiento de factores climáticos | | | | |
| SC-2 | Obtención de recursos minerales del subsuelo | | | | |
| SC-3 | Ampliación y rehabilitación de las vías de comunicación | | | | |

| Código | Impacto ambiental | Medida ambiental | Indicador de impacto | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | Nombre | Objetivo | Cálculo |
| | | • Medida de prevención: Se hará del conocimiento de todos los trabajadores, directos e indirectos, de la prohibición de colectar, traficar, o dañar a las especies de flora y fauna silvestre, especialmente aquellas con alguna categoría de riesgo o consideradas como vulnerables o en peligro en la lista roja de la UICN.<br>• Medida de compensación: Se conservarán en total 371.5053 ha como áreas verdes, de las cuales, 176.8578 ha estarán en la Unidad Minera Molango, 179.5618 ha en la Unidad Minera Naopa y 15.0857 ha en la Unidad Minera Nonoalco.<br>• Medida de mitigación: Se implementará un programa de reforestación con especies nativas en todas las áreas que vayan pasando a la etapa de abandono. Dentro de este programa de incluyen las 54.96 ha de pastizal propuestas por la compañía minera en el proyecto de "Modificación del Tajo Naopa".<br>Para este tipo de impactos no existen normas oficiales mexicanas que establezcan límites máximos permisibles, no así la autorización para efectuar el cambio de uso de suelo en terrenos forestales, la cual ha sido y serán tramitadas previo a efectuar cualquier remoción de vegetación futura.<br>Por otro lado, la remoción de la vegetación de las nuevas obras del proyecto no generaría la pérdida de la cobertura total, la desaparición de un tipo específico de vegetación ni de especies de flora silvestre. El desarrollo del proyecto comprende la remoción de vegetación en una superficie en la que el estado de conservación de la vegetación corresponde a vegetación forestal primaria y secundaria, de acuerdo con las especies identificas en el trabajo de campo descritos en el capítulo las MIA-G y DTU sometidos al procedimiento de evaluación y en esta MIA-R. | | | |
| BE-4 | Disminución del número de individuos de las especies de fauna silvestre | • Medida de mitigación: Previo al retiro de la vegetación, se desarrollarán actividades de ahuyentamiento, rescate y reubicación de fauna silvestre en toda la superficie de ocupación del proyecto. El ahuyentamiento y rescate se enfocará en ejemplares de vertebrados terrestres del grupo de los anfibios, reptiles y mamíferos, a través de técnicas de ahuyentamiento que favorezcan el desplazamiento autónomo de los ejemplares; únicamente en ejemplares de lento desplazamiento se emplearán | Afectación de la presencia de ejemplares de fauna silvestre | Prevenir la afectación a ejemplares de fauna silvestre por las actividades a realizar como parte de la ejecución del proyecto. | El procedimiento de monitoreo análisis de resultados y formatos de campo están descritos en FMCN et al. (2018). |
| BE-5 | Alteración de las áreas de desplazamiento de ejemplares de fauna silvestre | | | | |

| Código | Impacto ambiental | Medida ambiental | Indicador de impacto | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | Nombre | Objetivo | Cálculo |
| BE-6 | Reducción de áreas usadas como refugio, alimentación y reproducción de fauna silvestre | métodos de captura. En el caso de las aves solo se aplicarán actividades de ahuyentamiento cuando sea necesario, ya que se trata de especies de fácil y rápida movilidad.<br>• Medida de mitigación: Se implementará el programa de ahuyentamiento, rescate y reubicación de fauna silvestre, incluyendo de manera prioritaria, pero no exclusiva, a individuos de especies en categoría de riesgo, de acuerdo con la lista de la norma oficial mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010. De las 149 especies totales de fauna silvestre identificadas a nivel del SAR, 16 especies se encuentran listadas en categoría de riesgo, considerando la modificación del listado de la NOM-059-SEMARNAT-2010, siete clasificadas como especies amenazada (A), seis sujetas a protección especial (Pr) y tres en peligro de extinción (P).<br>• Medida de mitigación: Durante las etapas de preparación del sitio y construcción, la actividad de la maquinaria, vehículos y equipos automotores estará restringida entre las 10 pm y 6 am, para evitar afectaciones a individuos de especies nocturnas.<br>• Medida de mitigación: Se favorecerá la permanencia de los hábitats presentes, de su conectividad y de las poblaciones animales que los habitan.<br>• Medida de mitigación: No se llevarán a cabo deshierbes ni desmontes fuera de las áreas previamente autorizadas para cambio de uso de suelos y debidamente delimitadas, mismas que están indicadas en el capítulo II de esta MIA-R que serán sitios de desplante de obras del proyecto, para conservar la mayor superficie posible con su funcionalidad ambiental.<br>• Medida Preventiva: Se hará del conocimiento de todos los trabajadores, directos e indirectos, de las medidas de protección a la fauna silvestre, la forma de proceder en caso de encontrar ejemplares en las áreas del proyecto y se remarcará la prohibición sobre el aprovechamiento, captura, venta y muerte de individuos presentes en las áreas de trabajo. | | | |
| BE-7 | Afectación a ejemplares de fauna silvestre de especies en categoría de riesgo y relevancia ambiental | | | | |
| SC-1 | Modificación de las cualidades estético - paisajísticas | • Medida de mitigación: No se llevarán a cabo deshierbes ni desmontes fuera de las áreas previamente autorizadas para cambio de uso de suelo y debidamente delimitadas, mismas que | Cambios en las formas perceptivas (auditiva, olfativa y | Evaluar el cambio perceptivo del medio ambiente, considerando el | La forma de evaluación y análisis es el descrito por Muñoz-Pedrero (2004) y Priego et al. (2010). |

| Código | Impacto ambiental | Medida ambiental | Indicador de impacto | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | **Nombre** | **Objetivo** | **Cálculo** |
| | | están indicadas en el capítulo II de esta MIA-R que serán sitios de desplante de obras del proyecto.<br>• Medida de mitigación: Se operará un vivero donde se manejarán individuos de especies de plantas rescatadas de las áreas de afectación y reproducción de especies nativas que serán utilizadas para llevar a cabo las actividades en el área de restauración, revegetar áreas desprovistas de vegetación y bordes de caminos. Las especies que se utilizarían como parte de la reforestación serían arbóreas y arbustivas incluidas en la tabla del capítulo IV de esta MIA-R, que contiene el listado de especies de flora silvestre identificadas y que se encuentran conformando los tipos de vegetación primaria y secundaria presentes en el SAR definido para el proyecto. | visual) en el área de incidencia. | aspecto visual, en el área de afectación directa del proyecto. | |
| SC-4 | Incremento de riesgos por accidentes | • Medida de prevención: Se deberá cumplir con las normas referentes a seguridad e higiene en los centros de trabajo. Por lo tanto, los trabajadores deberán contar con equipo de protección personal (cascos, tapabocas, lentes, botas, etc.), de acuerdo con las actividades que desarrollen.<br>• Medida de prevención: Para prevenir los riesgos de accidentes vehiculares se cumplirá con lo establecido en la norma oficial mexicana NOM-001-STPS-2008, numeral 9, en el cual se mencionan los requisitos de seguridad para el tránsito de vehículos. Entre los puntos a tomar en cuenta se encuentran:<br>  • Los lugares por donde circulen vehículos y trabajadores simultáneamente, se delimitará un pasillo que permita el tránsito seguro del trabajador o, en su caso, se colocarán señalamientos de prohibición para el tránsito simultáneo.<br>  • Las áreas de carga y descarta deberán estar delimitadas o señalizadas.<br>  • La velocidad máxima de operación vehicular en las áreas de carga y descarga, patios de maniobras y caminos internos de circulación vehicular estará claramente señalizada. | Exposición de los trabajadores a factores de riesgo. | Minimizar la exposición de los trabajadores a accidentes labores mediante el establecimiento de medidas de seguridad en el área de trabajo. | La eficiencia de la implementación de las medidas estará dada por el número de incidentes, por tipo, con respecto al número de frentes de trabajo activos. |
| **Construcción** | | | | | |
| FQ-11 | Cambio en la conformación topográfica natural del terreno y de patrones de | • Medida de prevención: Los caminos de acceso, de servicio y de acarreo, deberán considerar en su construcción la minimización de materiales requeridos, utilizando para ello el método de corte | Conservación del relieve y patrones de escorrentía | Minimizar el cambio de relieve y el flujo de los movimientos de | Superficie acondicionada para las actividades operativas del proyecto con respecto a la superficie total |

| Código | Impacto ambiental | Medida ambiental | Indicador de impacto | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | Nombre | Objetivo | Cálculo |
| | sedimentación de sustratos | y relleno, es decir que el mismo material producto de los cortes para la habilitación de los caminos sea utilizado en la conformación del cuerpo del camino de rodamiento. De esta forma, se reduce la apertura de bancos de préstamos y de bancos para la disposición de material residual. La otra forma de mitigar este impacto es que la construcción de los caminos para comunicar áreas relevantes quedará integrada a la construcción de las áreas de producción, reduciéndose así la afectación de áreas aledañas.<br>• Medida de prevención: Los trazos de los caminos a habilitar para la construcción y operación del proyecto han sido diseñados tomando en cuenta la utilización de los caminos existentes, en la mayoría de lo posible, y, en el caso de no contar con ellos, se trazarán sobre áreas siguiendo las curvas de nivel para reducir los cortes y la generación de material residual producto de cortes.<br>• Medida de mitigación: Las excavaciones para la cimentación de la obra civil se limitarán al área de desplante de las obras, abriendo un espacio suficiente para la operación de los trabajadores. Una vez terminadas las obras se procederá a tapar las áreas libres excavadas.<br>• Medida de mitigación: Las excavaciones se realizarán conforme se vaya dando el avance de obras procurando que estas estén el menor tiempo posible abiertas para evitar accidentes laborales y poner en riesgo a fauna silvestre, principalmente anfibios, reptiles y mamíferos.<br>• Medida de prevención: Mientras se mantengan las excavaciones abiertas, el área se delimitará con cinta o malla de plástico para restringir el acceso al área de riesgo.<br>• Medida de mitigación: Se construirán cunetas de desviación y/o bermas para mejorar la estabilidad de las pendientes de las paredes de los tajos abiertos y desviar la escorrentía hacía sitios de escorrentía natural.<br>• Medida de mitigación: Los equipos automotores circularán y se estacionarán en áreas de desplante de obras habilitadas para evitar infiltración de fugas y derrames de hidrocarburos y sin suelo orgánico que pueda sufrir alteración de sus propiedades físicas por compactación. | | agua superficiales en el área de influencia del proyecto por efecto del desarrollo de las obras y actividades | del área y cambio de la pendiente en las áreas acondicionadas con respecto a la pendiente promedio del área (la pendiente se mide directamente con un clinómetro). |
| FQ-12 | Alteración de la estabilidad geomorfológica del terreno | | | | |
| FQ-13 | Afectación de las propiedades físicas del suelo (Permeabilidad) | | | | |

| Código | Impacto ambiental | Medida ambiental | Indicador de impacto | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | Nombre | Objetivo | Cálculo |
| | | Para este tipo de impactos no existen normas oficiales mexicanas que establezcan límites máximos permisibles. | | | |
| FQ-14 | Cambio de las propiedades químicas y biológicas del suelo | Considerando que las principales fuentes contaminantes del suelo por esta actividad son los derrames de sustancias químicas, residuos de mezcla, dispersión de residuos de los tres tipos, para prevenir y mitigar este impacto ambiental se implementarán las siguientes medidas:<br>• Medida de mitigación: Para evitar la creación de diversos sitios de disposición de residuos de mezcla y de lavado de ollas, se habilitarán fosas de lavado y disposición de mezcla residual. Las fosas serán construidas con una capa plástica para evitar la infiltración de lixiviados al subsuelo y manto acuífero y, una vez llena, el material dispuesto se dispondrá como residuos de manejo especial.<br>• Medida de mitigación: Se habilitarán áreas específicas en los frentes de trabajo activos para la disposición separada de los residuos de manejo especial que se generen, diferenciados de acuerdo con lo establecido en la norma oficial mexicana NOM-161-SEMARNAT-2011: pedazos de madera, chatarra y cascajo, pedacería de PVC, principalmente, para su posterior disposición final. Estas áreas estarán debidamente acondicionadas y señalizadas. Una vez que se dictamine que no pueden ser reciclados ni reusados, serán trasladados a las áreas correspondientes, según el tipo de residuo de manejo especial, en el relleno sanitario de la empresa o enviado a empresas recicladoras, según sea el caso.<br>• Medida de mitigación: Se contará con contenedores con tapadera para la disposición temporal de residuos sólidos urbanos distribuidos de acuerdo con la operatividad de los frentes de trabajo. En cada frente de trabajo habrá contenedores rotulados para la disposición de residuos orgánicos, inorgánicos en general y plástico en específico. Las tapaderas tienen la función de evitar la dispersión de los residuos, el ingreso de fauna silvestre a buscar alimento y evitar que se mojen los residuos contenidos. Todos estos residuos serán dispuestos en el relleno sanitario de la empresa, el cual será construido conforme lo establecido en la norma oficial mexicana NOM-083-SEMARNAT-2003.<br>• Medida de mitigación: Los residuos peligrosos que se generen serán diferenciados considerando las especificaciones de la norma | Contaminación del suelo en las áreas de acción directa por el desarrollo del proyecto. | Reducir la generación de residuos sólidos urbanos, de manejo especial y peligrosos. | El procedimiento de determinación y valores de referencia en la NOM-021-RECNAT-2000. Cuanalo (1981); Perevochtchikova (2013), refiere que el indicador ambiental para la evaluación del impacto de los residuos, tanto de los que denomina como industriales como de los orgánicos, es su producción ($m^3$), así como su reciclaje (proporción del volumen que es generado que es reciclado, %); FAO (2020). |

| Código | Impacto ambiental | Medida ambiental | Indicador de impacto | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | Nombre | Objetivo | Cálculo |
| | | oficial mexicana NOM-052-SEMARNAT-2005, así como lo indicado en la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos ("LGPGIR") y su reglamento, se almacenarán en los almacenes temporales de residuos peligrosos de la empresa (actualmente en operación), mismos que operan bajo el cumplimiento de lo establecido en capítulo IV, sección I, del reglamento de la LGPGIR, artículos 82, 83 y 84. Estos almacenes temporales cuentan con una capa aislante o base de concreto con bordo contenedor de derrames y están techados y ventilados.<br>• Medida de mitigación: El suelo y material pétreo contaminado por derrames y fugas de hidrocarburos u otras sustancias químicas residuales serán colectados y almacenados en los almacenes temporales de residuos peligrosos de la empresa para el manejo, transporte y disposición final por parte de una empresa autorizada por la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales ("SEMARNAT") y la Secretaría de Comunicaciones y Transportes ("SCT") para el manejo y transporte de residuos peligrosos. Para complementar esta medida, se elaborará un manual de procedimientos ambientales y de seguridad en el manejo de sustancias químicas e hidrocarburos, el cual incluya un plan de prevención y respuesta a derrames.<br>• Medida de prevención: Llevar a cabo pláticas con los trabajadores en relación con el manejo de residuos peligrosos y no peligrosos, manejo adecuado de maquinaria y equipo para evitar contaminar suelos y agua y conservación de la flora y fauna silvestre.<br>• Medida de mitigación: Se instalarán baños portátiles en los frentes de trabajo que no cuenten con sanitarios fijos para evitar las defecaciones al aire libre y la contaminación del suelo, cuerpos de agua, aire y prevenir afectaciones a la salud de los trabajadores. Para ello, se utilizará una proporción de una letrina por cada 20 trabajadores o una letrina cada 200 m, lo que aplique en los frentes de trabajo que no cuenten con sanitarios fijos.<br>• Medida de prevención: Para evitar posibles derrames de hidrocarburos durante el reabastecimiento directo en las áreas de apoyo, se aplicará un procedimiento para el relleno de depósitos, el cual aplica desde el manejo de hidrocarburos, el relleno de los equipos y las medidas preventivas para evitar derrames. | | | |

| Código | Impacto ambiental | Medida ambiental | Indicador de impacto | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | Nombre | Objetivo | Cálculo |
| | | • Medida de mitigación: Para disminuir las fugas y derrame de hidrocarburos, toda la maquinaria y vehículos que se encuentren operando serán sometidos a un programa de servicio y mantenimiento preventivo para evitar altas emisiones de gases con partículas contaminantes. Además, al inicio del turno de trabajo se realizará una inspección preoperativa para verificar que los equipos estén funcionando correctamente.<br>• Medida de prevención: Las reparaciones de maquinaria y equipos automotores propiedad de la empresa se realizarán en los talleres de mantenimiento construidos y acondicionados para ello. En los frentes de trabajo solo se realizarán trabajos de mecánica en casos de emergencia para poder mover los equipos averiados por accidentes a los talleres mecánicos. Por Ningún motivo se efectuarán reparaciones de maquinaria en área cercanas a los cauces de cuerpos de agua superficiales. | | | |
| FQ-15 | Alteración de la concentración de partículas sólidas y gases en el aire | • Medida de mitigación: Se asegurará que la maquinaria y vehículos utilizados durante esta etapa del proyecto no generen emisiones a la atmósfera superiores a los límites máximos permisibles en la normatividad oficial mexicana aplicable (NOM-041-SEMARNAT-2015 y NOM-045-SEMARNAT-2017).<br>• Medida de mitigación: Para disminuir las fugas y derrame de hidrocarburos, toda la maquinaria y vehículos que se encuentren operando serán sometidos a un programa de servicio y mantenimiento preventivo para evitar altas emisiones de gases con partículas contaminantes. Además, al inicio del turno de trabajo se realizará una inspección preoperativa para verificar que los equipos estén funcionando correctamente.<br>• Medida de mitigación: Para minimizar la suspensión de partículas del aire, los vehículos automotores deberán circular en caminos de terracería a una velocidad máxima de 40 km $h^{-1}$ en los caminos internos del proyecto y en los caminos adyacentes a la mina para personal de la mina y contratistas.<br>• Medida de mitigación: Durante la operación de maquinaria en la nivelación se aplicarán riegos en las áreas de trabajo con la finalidad de mitigar la suspensión de partículas de polvo, así como en los caminos internos del proyecto que estén en uso. En caso de observar efectos adversos a la calidad del aire por el tránsito de vehículos y maquinaria, se aplicará algún tratamiento a los caminos | Contaminación ambiental de la calidad del aire. | Reducir las emisiones de agentes contaminantes por gases y partículas producto de la combustión de combustibles y operación de automotores. | Valores de referencia y procedimiento en: NOM-041-SEMARNAT-2015, NOM-045-SEMARNAT-2017 y NOM-025-SSA1-2021. |

| Código | Impacto ambiental | Medida ambiental | Indicador de impacto | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | Nombre | Objetivo | Cálculo |
| | | o se hará uso de supresores de polvo o estabilizadores de suelo. Con estas acciones se ayuda a disminuir la huella hídrica del proyecto.<br>• Medida de mitigación: Los vehículos que transporten material suelto que pueda ocasionar su dispersión durante el traslado se cubrirá con una lona.<br>• Medida de prevención: Quedará prohibido la quema de cualquier tipo de residuos en las áreas de trabajo, esto incluye los residuos sólidos generados y los orgánicos producto del deshierbe y desmonte de las áreas de afectación para evitar la producción de humo y partículas contaminantes.<br>• Medida de prevención: Se realizarán monitoreos anuales de partículas $PM_{10}$ y $PM_{2.5}$ para evaluar la calidad del aire en áreas activas de las unidades mineras y determinar la efectividad de las medidas ambientales implementadas y sirvan de base en la toma de decisiones en la evaluación del desempeño ambiental del proyecto. | | | |
| FQ-16 | Generación de ondas acústicas fuertes, no deseadas y desagradables para el sentido | • Medida de mitigación: Para la protección de los trabajadores, en caso de que las emisiones sonoras que se generen durante el proceso de excavación, u otras actividades, lleguen a rebasar los 90 dB(A), por más de ocho horas de exposición continua, deberán usar su equipo de protección especial como medida preventiva de afectaciones a su salud.<br>• Medida de mitigación: La maquinaria, vehículos y equipos automotores que se usen serán sometidos a un programa estricto de mantenimiento preventivo para evitar las fallas mecánicas. Además, se supervisará que la maquinaria y vehículos cuenten con silenciadores para reducir las emisiones sonoras durante su operación. Para ello, se verificará que no se rebasen los límites máximos permisibles de emisión de ruido para vehículos automotores establecidos en la NOM-080-SEMARNAT-1994, los cuales son: 86 dB(A) para vehículos de hasta 3,000 kg de peso bruto; 92 dB(A) para vehículos con un peso bruto mayor de 3,000 kg y menor a 10,000 kg y, 99 dB(A) para vehículos automotores con peso bruto superior a los 10,000 kg.<br>• Medida de mitigación: La maquinaria y vehículos deberán contar con silenciadores de escapes y sistemas de amortiguamiento de ruidos. | Contaminación ambiental por emisiones de ondas acústicas fuertes y molestas al oído. | Reducir las emisiones de ondas acústicas fuertes, no deseadas y desagradables para el sentido. | Valores de referencia y procedimiento en: NOM-080-SEMARNAT-1994; NOM-081-SEMARNAT-1994; (WHO, 1999). |

| Código | Impacto ambiental | Medida ambiental | Indicador de impacto | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | Nombre | Objetivo | Cálculo |
| | | • Medida de mitigación: Durante las etapas de preparación del sitio y construcción, la actividad de la maquinaria, vehículos y equipos automotores que generen la mayor intensidad sonora estará restringida entre las 10 pm y 6 am, para evitar afectaciones a individuos de especies nocturnas, así como a los pobladores de localidades vecinas.<br>• Medida de mitigación: Se contará con una bitácora del equipo y maquinaria para el registro del calendario y tipo de mantenimiento requerido para los automotores que sean requeridos para el desarrollo del proyecto. | | | |
| FQ-17 | Cambio en el comportamiento de factores climáticos | • Medida de compensación: Se conservarán en total 371.5053 ha como áreas verdes, de las cuales, 176.8578 ha estarán en la Unidad Minera Molango, 179.5618 ha en la Unidad Minera Naopa y 15.0857 ha en la Unidad Minera Nonoalco. | Mejoramiento de la superficie con cobertura vegetal forestal | Incrementar y mejorar la condición de la cobertura vegetal forestal en el SAR, AI y unidades mineras del proyecto como parte de las medidas encaminadas a mejorar el comportamiento del ecosistema de manera integral. | Densidad (individuos $ha^{-1}$) y diversidad (número de especies), por asociación vegetal de acuerdo con trabajos de investigación en la región; Ferro-Díaz (2015).<br>Superficie por afectar por tipo de asociación vegetal presente en la región de referencia; Ferro-Díaz (2015). |
| FQ-18 | Aprovechamiento del volumen de agua superficial autorizado para su explotación | • Medida de mitigación: El mayor consumo de agua, en esta etapa de desarrollo del proyecto, está asociado con la aplicación de riegos para mitigar la suspensión de partículas de polvo en el aire, para ello, se considera regar únicamente los frentes de trabajo activos, principalmente durante la época de secas, y, aquellos sitios en los que no vaya a realizarse actividades no serán tratados. Además, con la finalidad de reducir el consumo de agua directamente de los cuerpos de agua superficiales autorizados, se usara el agua residual tratada en las PTAR operadas por la empresa en las unidades mineras del proyecto.<br>• Medida de mitigación: Se respetarán los términos establecidos en los títulos de concesión de aprovechamiento de agua superficial: 09HGO101151/26ISDL16, 09HGO101151/26ISDL16, | Aprovechamiento de agua del manto freático. | Reducir la huella hídrica minera tomando en cuenta el proceso minero y minerales obtenidos. | Metodología para la estimación de la huella hídrica minera y valores de referencia con base en Álvarez-Pugliese (2018) y Güney y Demirel (2021). |

| Código | Impacto ambiental | Medida ambiental | Indicador de impacto | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | Nombre | Objetivo | Cálculo |
| | | 09HGO155000/26IDDL16 y 09HGO106226/26IDDL08, los cuales autorizan el consumo de 606,233.00 $m^3$ de agua anuales, entre los cuatro títulos de concesión.<br>• Medida de mitigación: El consumo de agua para la preparación de la premezcla de concreto y en la conformación de las bases de los caminos de acceso, servicio y acarreo será solo la necesaria de acuerdo con las normas técnicas constructivas.<br>• Medida de mitigación: El agua para consumo de los trabajadores será abastecida por una empresa encargada de la venta y distribución de agua para consumo de agua en garrafones, los cuales podrán ser vaciados en depósitos tipo Rotoplas ubicados en el área de trabajo para su almacenamiento y consumo. | | | |
| FQ-19 | Alteración de la composición física, química y/o bacteriológica en el agua superficial | • Medida de prevención: Quedará prohibido almacenar material en zonas no autorizadas y con alto riesgo de arrastre de material a cuerpos de agua superficiales.<br>• Medida de mitigación: Se dispondrán contenedores con tapaderas para el almacenamiento temporal de los residuos generados en los frentes de trabajo y así evitar su dispersión y riesgo de contaminar cuerpos de agua superficiales.<br>• Medida de mitigación: Para evitar que los trabajadores realicen sus necesidades fisiológicas en áreas abiertas no apropiadas, se emplearán sanitarios portátiles en cada uno de los frentes de trabajo, con mantenimiento diario por parte de la empresa contratada para brindar el servicio, manteniendo una relación máxima de 20 trabajadores por sanitario o uno cada 200 m.<br>• Medida de mitigación: Se construirán canales (cunetas) de desviación y/o bermas y obras de drenaje para mejorar la estabilidad de las pendientes de las paredes de los tajos abiertos y caminos internos, además, desviar la escorrentía hacia áreas de corrientes superficiales naturales y descarga al medio ambiente. Los canales (cunetas) y las obras de drenaje van asociadas a lo largo de caminos de acarreo y adyacentes a los tajos a cielo abierto, así como para otros componentes de la mina, como tepetateras y disposición de material estéril (lodos y tepetate).<br>• Medida de prevención: El canal de desviación y obras de drenaje se monitorearán y recibirán mantenimiento preventivo para mantener su funcionalidad operativa, con la finalidad de garantizar | Cambio en la calidad física, química y bacteriológica del agua superficial. | Prevenir la dispersión de residuos, sedimentos suspendidos y la contaminación del agua por la realización de las actividades mineras. | Valores de referencia y procedimiento en: NOM-001-SEMARNAT-2021; NOM-003-SEMARNAT-1997; NMX-AA-038-SCFI-2001 (Análisis de agua – determinación de turbiedad en aguas naturales, residuales y residuales tratadas); modificación a la NOM-127-SSA1-2021 (parámetros de calidad de las tablas 1, 2, 3 y 4). |
| FQ-20 | Alteración de la composición física, química y/o bacteriológica en el agua subterránea | | Cambio en la calidad física, química y bacteriológica del manto freático superior. | Prevenir la contaminación del agua subterránea por la realización de las actividades mineras. | |

| Código | Impacto ambiental | Medida ambiental | Indicador de impacto | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | Nombre | Objetivo | Cálculo |
| | | la calidad del agua de escorrentía aguas abajo del predio. Entre las medidas a implementar para garantizar su funcionalidad se considera el desazolve del canal y las obras de apoyo de derivación de los flujos de agua.<br>• Medida de mitigación: Se continuará con el sistema de monitoreo de la calidad del agua superficiales y subterráneas en las cercanías de las tepetateras aguas abajo, al agua residual tratada, así como de los sedimentos para minimizar el riesgo de descarga de agua no conforme con la gestión de la calidad del agua para proteger la salud humana y el medio ambiente.<br>• Medida de mitigación: Se construirá y operará un sistema de colección por gravedad, tratamiento y reutilización de aguas residuales que se generarán en las unidades mineras, incluyendo las áreas de servicio y de proceso minero, por separado, para su tratamiento biológico con aireación extendida previo a ser reutilizada en los riesgos de los frentes de trabajo activos o ser descargada a un bien nacional, previa seguridad de que cumplen con la calidad del agua para su reutilización y descarga.<br>• Medida de mitigación: Como parte del proceso constructivo de las obras subterráneas, se prevé que haya entrada nominal de agua subterránea al área. El ciclo de excavación de las obras subterráneas incorporará una serie de bombas portátiles para bombear el agua subterránea recogida, incluyendo el agua utilizada durante el proceso de excavación, desde la cara de avance hasta la descarga del portal. Todos los flujos de agua esperados están planeados para ser manejados durante el programa de desarrollo y la vida de la mina.<br>• Medida de mitigación: En el caso de que se lleguen a tener infiltraciones de grandes volúmenes de agua subterránea durante la construcción de las obras subterráneas, ya sea a través de la perforación de un pozo de sonda o por la intersección de estructuras que contienen agua inesperada, se procederá a aplicar un aplanado de cemento lanzado a las paredes para reducir el flujo de agua subterráneas. Para prevenir riesgos de infiltraciones de grandes volúmenes de agua, se realizarán perforaciones con sonda por delante de los frentes de trabajo para detectar los riesgos potenciales y aplica la medida preventiva. | | | |

| Código | Impacto ambiental | Medida ambiental | Indicador de impacto | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | Nombre | Objetivo | Cálculo |
| | | • Medida de prevención: Las áreas donde se manejen sustancias y soluciones de proceso se construirán con pisos de concreto o plataformas impermeables y con sistema de contención para captar derrames, con capacidad del 110% del volumen del tanque más grande que se tenga según el área.<br>• Medida de prevención: Todos los tanques que almacenen hidrocarburos contarán con diques impermeabilizados con sistemas de contención para captar derrames en apego a especificaciones de PEMEX. | | | |
| FQ-21 | Cambio en los flujos y movimientos de agua superficial temporales | • Medida de mitigación: Para evitar bloqueos del flujo de agua y acumulación en zonas de escorrentía, se instalarán obras de drenaje que permitirán y favorecerán el libre paso de las corrientes de agua formadas por escorrentía. Para ello, se construirá canales y/o bordos de control de escorrentía interna y los caminos internos tendrán sus obras de drenaje requeridas, como cunetas, contracunetas, vados y alcantarillas para favorecer el flujo de agua.<br>• Medida de mitigación: Para evitar encharcamientos de agua, las excavaciones y pozos se abrirán conforme se vayan dando el avance de obra y, una vez concluida la actividad se taparán y compactarán con el material extraído en el proceso de excavación. | Interrupción y cambios de flujos de agua superficial. | Favorecer los flujos de agua superficiales internos temporales. | Relación número de flujos identificados y número y tipo de obras de drenaje y conducción de agua construidos o habilitados para redirección el sentido de la escorrentía. |
| FQ-21 | Alteración del proceso de infiltración de agua al manto freático | • Medida de mitigación: Solo se actuará en las áreas en las que se tiene proyectado realizar el desplante de obras. Por ningún motivo se afectarán sitios fuera de las áreas indicadas en el capítulo II que funcionarían para el desplante de las obras del proyecto. | Limitación del proceso de recarga de agua del manto freático. | Reducir la superficie afectada y el proceso de infiltración de agua pluvial hacia el manto acuífero superior. | Relación de la superficie del predio con respecto a la superficie solicitadas para el desplante de obras del proyecto. |
| BE-8 | Disminución del número de individuos de las especies de fauna silvestre | • Medida de mitigación: Se implementará el programa de ahuyentamiento, rescate y reubicación de fauna silvestre, incluyendo en esta actividad individuos de especies en categoría de riesgo, de acuerdo con la lista de la norma oficial mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010. De las 149 especies totales de fauna silvestre identificadas a nivel del SAR, 16 especies se encuentran listadas en categoría de riesgo, considerando la modificación del listado de la NOM-059-SEMARNAT-2010, siete clasificadas como especies | Preservar especies de fauna silvestre representativas y en categoría de riesgo. | Mantener la diversidad y abundancia de especies de fauna silvestre presentes en la región, incluyendo aquellas | Flores-Villela et al (1991); Ceballos y Oliva (2005); Ramírez-Pulido et al (2005). El procedimiento de monitoreo análisis de resultados y formatos de |
| BE-9 | Alteración de las áreas de desplazamiento de ejemplares de fauna silvestre | | | | |

| Código | Impacto ambiental | Medida ambiental | Indicador de impacto | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | Nombre | Objetivo | Cálculo |
| BE-10 | Afectación a ejemplares de fauna silvestre de especies en categoría de riesgo y relevancia ambiental | amenazada (A), seis sujetas a protección especial (Pr) y tres en peligro de extinción (P).<br>Además, el programa incluirá el rescate y reubicación de individuos de alguna otra especie en categoría de riesgo no identificados durante los muestreos, en caso de que se llegaran a encontrar en las áreas de afectación.<br>• Medida de mitigación: En las áreas de construcción, y durante la construcción de las obras y la realización de actividades que esto implica, la actividad de la maquinaria, vehículos y equipos automotores se limitará entre las 10 p.m. y 6 a.m., para evitar afectaciones a individuos de especies nocturnas y a los pobladores de las localidades vecinas.<br>• Medida de prevención: Se construirán cercos de seguridad en las áreas de procesos y en algunas zonas de mayor riesgo para evitar el acceso de mamíferos y reptiles a estas áreas. En el caso de especies de talla pequeña y que se desplazan por el suelo, se controlará la entrada mediante la instalación de cercos de configuración más cerrada.<br>• Medida de prevención: Se implementarán pláticas de seguridad, salud y protección de medio ambientales con todos los trabajadores que laboren en el proyecto, incluyendo una sobre las medidas de protección a la fauna silvestre, la forma de proceder en caso de encontrar ejemplares en las áreas del proyecto y se remarcará la prohibición sobre su aprovechamiento, captura, venta y muerte de individuos presentes en las áreas de trabajo.<br>• Medida de mitigación: Se favorecerá la permanencia de los hábitats presentes, de su conectividad y de las poblaciones animales que los habitan.<br>• Medida de compensación: Se conservarán en total 371.5053 ha como áreas verdes, de las cuales, 176.8578 ha estarán en la Unidad Minera Molango, 179.5618 ha en la Unidad Minera Naopa y 15.0857 ha en la Unidad Minera Nonoalco. | | catalogadas como especies en categoría de riesgo de manera prioritaria, que habitan en el SAR y área de incidencia del proyecto. | campo están descritos en FMCN et al. (2018).<br>Especies e individuos por afectar en categoría de riesgo de acuerdo con el listado de la NOM-059-SEMARNAT-2010. |
| SC-5 | Modificación de las cualidades estético - paisajísticas | • Medida de mitigación: No se llevarán afectaciones constructivas fuera de las áreas previamente delimitadas, donde se efectuó previamente el deshierbe, desmonte y nivelación, mismas que están indicadas en el capítulo II de esta MIA-R que serán sitios de desplante de obras del proyecto. | Cambios en las formas perceptivas (auditiva, olfativa y visual) en el área de incidencia. | Evaluar el cambio perceptivo del medio ambiente, considerando el aspecto visual, en | La forma de evaluación y análisis es el descrito por Muñoz-Pedrero (2004) y Priego et al. (2010). |

| Código | Impacto ambiental | Medida ambiental | Indicador de impacto | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | Nombre | Objetivo | Cálculo |
| | | • Medida de mitigación: Se operarán dos viveros donde se manejarán individuos de especies de plantas nativas, que serán utilizadas para revegetar áreas desprovistas de vegetación y restaurar áreas afectadas. Las especies que se manejarían serían arbóreas y arbustivas incluidas en la tabla del capítulo IV de esta MIA-R que contiene el listado de especies de flora silvestre identificadas y que se encuentran conformando la cobertura vegetal forestal primaria y secundaria presente en el SAR del proyecto. | | el área de afectación directa del proyecto. | |
| SC-6 | Impacto de la calidad de vida de los vecinos de las obras | Para mitigar la afectación a los pobladores que viven en áreas aledañas al proyecto, se efectuarán las siguientes actividades:<br>• Medida de mitigación: Se implementarán las medidas ambientales para mitigar la contaminación del aire mencionadas en el impacto ambiental FG-15.<br>• Medida de mitigación: Para mitigar las afectaciones por la generación de ruido se implementarán las medidas ambientales indicadas en el impacto ambiental FQ-16.<br>• Medida de compensación: Se generarán alrededor de 2,100 empleos, de los cuales aproximadamente el 70% son empleos permanentes y el 30% eventuales, en los que se da preferencia a pobladores de las localidades vecinas, de acuerdo con sus capacidades, nivel de preparación y perfil del puesto buscado.<br>• Medida de compensación: El personal que labore directa e indirectamente para el Distrito Minero recibirá capacitación de acuerdo con sus funciones, lo que implicará una mejora en el desempeño de sus actividades y superación en su puesto laboral.<br>• Medida de compensación: Implementar acciones de atención social para garantizar la calidad de vida de los habitantes de localidades cercanas y que incluya programas de educación y salud, desarrollo de proyectos productivos, desarrollo de proveeduría local, desarrollo de habilidades técnicas, entre otros.<br>• Medida de compensación: Seguirá en operación el Centro de Educación Ambiental (CEA), cuya finalidad es la de ejecutar labores de capacitación a las comunidades, con énfasis en temas de conservación de flora y fauna, servicios ambientales, desarrollo rural sustentable, así como la conservación de Áreas Naturales | Alteración del ritmo y calidad de vida en las localidades cercanas al área del proyecto. | Minimizar el grado de afectación a la población de las comunidades asentadas en la región del proyecto. | Los indicadores por seguir para evaluar la afectación serían dos: uno relacionado con la población afectada, que puede ser el número de pobladores afectados con respecto al total de la población; y, el segundo sería considerando la diversidad y magnitud de las formas mediante las cuales se afecta a la población. |

| Código | Impacto ambiental | Medida ambiental | Indicador de impacto | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | Nombre | Objetivo | Cálculo |
| | | Protegidas. Como parte de su operación, se seguirán programando actividades de educación ambiental de manera periódica. | | | |
| SC-9 | Incremento de riesgos por accidentes | • Medida de prevención: Se deberá cumplir con las normas referentes a seguridad e higiene en los centros de trabajo. Por lo tanto, los trabajadores deberán contar con equipo de protección personal (cascos, tapabocas, lentes, botas, etc.), de acuerdo con las actividades que desarrollen.<br>• Medida de prevención: Para prevenir los riesgos de accidentes vehiculares se cumplirá con lo establecido en la norma oficial mexicana NOM-001-STPS-2008, numeral 9, en el cual se mencionan los requisitos de seguridad para el tránsito de vehículos. Entre los puntos a tomar en cuenta se encuentran:<br>  • Los lugares por donde circulen vehículos y trabajadores simultáneamente, se delimitará un pasillo que permita el tránsito seguro del trabajador o, en su caso, se colocarán señalamientos de prohibición para el tránsito simultáneo.<br>  • Las áreas de carga y descarta deberán estar delimitadas o señalizadas.<br>  • La velocidad máxima de operación vehicular en las áreas de carga y descarga, patios de maniobras y caminos internos de circulación vehicular estará claramente señalizada.<br>• Medida de prevención: Los trabajos constructivos que se realicen en la mina subterránea deberá observar las especificaciones aplicables de seguridad y riesgo mencionadas en la norma oficial mexicana NOM-033-STPS-2015, que establece las condiciones de seguridad para trabajar en espacios confinados. | Exposición de los trabajadores a factores de riesgo. | Minimizar la exposición de los trabajadores a accidentes labores mediante el establecimiento de medidas de seguridad en el área de trabajo. | La eficiencia de la implementación de las medidas estará dada por el número de incidentes, por tipo, con respecto al número de frentes de trabajo activos. |
| EO-4 | Incremento de la población económicamente activa externa que demanda bienes, servicios y empleo | • Medida de mitigación: Cuando el puesto lo permita, se contratará preferentemente a personal de localidades cercanas para incrementar sus ingresos y calidad de vida. El personal contratado se integrará al programa de capacitación laboral para incrementar su competitividad y mejorar sus habilidades técnicas, acorde con su puesto de trabajo y labores que desempeña.<br>• Medida de mitigación: Para el personal externo que sea contratado se implementarán acciones de introducción a la comunidad para difundir usos y costumbres de la región para promover el respeto a sus habitantes. | Flujo migratorio relacionado directamente con el proyecto. | Minimizar el flujo migratorio a la región para reducir la población externa, el incremento de necesidades de vivienda, bienes y servicios, y evitar el choque cultural con los pobladores | Mano de obra contratada migrante con respecto a la mano de obra contratada de la región y mano de obra total. |

| Código | Impacto ambiental | Medida ambiental | Indicador de impacto | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | Nombre | Objetivo | Cálculo |
| | | • Medida de prevención: Entre el periodo de 1960 y 1970 la empresa construyó la zona habitacional Otongo o colonia Guadalupe, Unidad Minera Molango, municipio de Tepehuacán de Guerrero, para sus empleados, en una superficie de 37.04 ha. Además, se cuenta campamento para los empleados provenientes de otras regiones para proveerles alojamiento y los servicios básicos sin comprometer la disponibilidad de estos para los pobladores de la región. Para el bienestar de los usuarios, se cuenta con servicios básicos, entre ellos: comedor, lavandería, PTAR, canchas deportivas, área de relajación. | | de las localidades de la región. | |
| **Operación y mantenimiento** | | | | | |
| FQ-23 | Cambio en la conformación topográfica natural del terreno y de patrones de sedimentación de sustratos | • Medida de prevención: Las paredes del tajo en la Unidad Minera Molango se mantendrá en condiciones estables desde la etapa de desarrollo del proyecto. Se construirá una berma de seguridad alrededor de los tajos para restringir el paso de personas o de fauna mayor que servirá tanto para la etapa de operación como para la de cierre; asimismo, se llevarán a cabo acciones puntuales de conformación de las paredes solo en aquellas áreas que lo requieran para asegurar la estabilidad a largo plazo. De acuerdo con los estudios realizados, el diseño del tajo para garantizar su estabilidad tendrá un ángulo particular de 70º, un ángulo final de 50º, una altura en los bancos de trabajo de 10.0, berma de protección de 4.0 m en cada banco y una de 8.0 m cada seis bancos y un ancho de banco mínimo de 15.0 m y 10% de pendiente. | Conservación del relieve y patrones de sedimentación. | Minimizar el cambio de relieve y el flujo de los movimientos de agua superficiales en el área de influencia del proyecto por efecto del desarrollo de las obras y actividades. | Superficie acondicionada para las actividades operativas del proyecto, con respecto a la superficie total del área; y cambio de la pendiente en las áreas acondicionadas, con respecto a la pendiente promedio del área (la pendiente se mide directamente con un clinómetro o equipo topográfico). |
| FQ-24 | Alteración de la estabilidad geomorfológica del terreno | Asimismo, todos los caminos de acceso que no tengan uso posterior al cierre de la mina serán restaurados mediante escarificación y siembra de semillas de especies nativas para mantener la conformación y estabilidad topográfica.<br>• Medida de prevención: Para garantizar la estabilidad de las paredes del tajo en la Unidad Minera Naopa se trabajarán bancos de 10 m de altura, pero se explotará en sub-bancos de 5 m, los taludes de los bancos tendrán un ángulo de entre 39° y 47°, aunque en los taludes operativos el ángulo particular será de 6° en promedio. Cada dos bancos (2 m de altura) se dejará una berma de seguridad de 6.5 metros de ancho en la pared de material rocoso.<br>• Medida de prevención: Los tajos se conformarán de acuerdo con el plan de minado que contempla medidas de protección y seguridad | Estabilidad geomorfológica del terreno y conformación de áreas nuevas (tepetatera, patio de lixiviación, tajo y mina subterránea) | Garantizar la estabilidad geomorfológica en cada una de las áreas del proyecto para eliminar el riesgo de las actividades mineras. | Monitoreo de la estabilidad geomorfológica mediante testigos topográficos. |

| Código | Impacto ambiental | Medida ambiental | Indicador de impacto | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | Nombre | Objetivo | Cálculo |
| | | con base en un estudio de estabilidad de las obras del tajo. Este plan de minado previene deslizamientos severos.<br>• Medida de prevención: Para garantizar la estabilidad de las tepetateras Guadalupe y Sur tendrán una altura de banco de 15.0 m, un ancho de berma de 7.5 m, un ángulo de reposo de material depositado de 34º (talud 1:1.5), elevación inicial de 1,020 msnm, elevación final de 1,200 msnms, lo que arroja una altura de 180 m. Además, la tepetatera Guadalupe tendrá una franja de protección de 60 m con respecto al río Salado.<br>• Medida de prevención: De acuerdo con los estudios realizados para garantizar la estabilidad de las tepetateras y material estéril de la Unidad Minera Naopa, se deberá depositar el material de forma planificada y de acuerdo con sus características mineralógicas, manteniendo ángulos de reposo de 45° en el talud particular y 50° en el final, hasta formar bancos de 10 m de altura, separados entre sí por una berma de 4.0 m de ancho.<br>• Medida de mitigación: Se construirán canales (cunetas) de desviación y/o bermas para desviar la escorrentía a las presas de sedimentos o al canal de desvío de drenaje pluvial para su control y manejo, y con esto mejorar la estabilidad de las pendientes de las paredes de tajos abierto, tepetateras y disposición de material estéril (lodos y tepetate).<br>• Medida de prevención: Las vibraciones de todas las voladuras se monitorearán por técnicos especialistas que realizan la carga de los pozos, así como por técnicos de fragmentación que realizan el monitoreo de las voladuras cercanas a los taludes o voladuras que puedan afectar alguna falla geológica, todo con la finalidad de garantizar estabilidad de las áreas sometidas a procesos explosivos, incluyendo la mina subterránea.<br>• Medida de prevención: Las perforaciones se hacen siguiendo plantillas con diferentes patrones, los cuales dependen de la litología de los bancos, ya sea material blando, arcillas o fracturado. El patrón se expande para disminuir la cantidad de barrenos y el uso de explosivo, si el material es más duro, mineral o competente, el patrón se reduce para generar una mejor fragmentación y poder aumentar la productividad del equipo de carga, así como los procesos de beneficio de rotura después de la voladura del mineral. | | | |

| Código | Impacto ambiental | Medida ambiental | Indicador de impacto | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | Nombre | Objetivo | Cálculo |
| | | • Medida de mitigación: El minado subterráneo a emplear será con el método de corte y relleno. Mediante este método el espacio creado por el aprovechamiento mineral es rellenado con el mismo tepetate que se genera dentro de la mina, lo que ayuda, por un lado, a mejorar la estabilidad de las áreas de aprovechamiento, y, por otro lado, ayuda a reducir la generación de residuos mineros y de la formación de sitios de disposición de residuos en el exterior de la mina subterránea. | | | |
| FQ-25 | Pérdida de horizontes del suelo en áreas del desplante | En esta etapa del proyecto, las afectaciones al suelo están más relacionadas con la conformación de las planillas de barrenación en la exploración minera. Como medidas ambientales se implementarán las siguientes:<br>• Medida de mitigación: Cuando se requiera nivelar el sitio de trabajo de las planillas, solo se nivelará y rescatará el suelo de las áreas de las planillas de barrenación que se vería afectado por las actividades. Por ningún motivo se nivelarán sitios fuera de las áreas indicadas en el capítulo II que funcionarían para el desplante de las obras del proyecto.<br>• Medida de mitigación: La capa de suelo superior, que incluye los horizontes orgánico y aluvial, se rescatará para ser reutilizado en las actividades de rescate y reubicación de flora silvestre y de restauración de áreas afectadas una vez que cumplan su periodo de vida útil, solo en caso de que el sitio y las actividades de trabajo lo ameriten. | Preservación de horizontes del suelo con mejores características físicas, químicas y microbiológicas. | Conservar la parte del suelo con mayor contenido de materia orgánica, mayor contenido de nutrientes disponibles para las plantas, mayor diversidad de micro y macroorganismo del suelo y con contenido de semillas de especies de flora silvestre. | El procedimiento de determinación está determinado en la NOM-021-RECNAT-2000; USDA (1999); Cuanalo (1981); IUSS Working Group WRB (2015); FAO (2020). |
| FQ-26 | Afectación de las propiedades físicas del suelo (Permeabilidad) | • Medida de mitigación: Los equipos automotores se estacionarán en áreas de planillas de barrenación para evitar infiltración de fugas y derrames de hidrocarburos y sin suelo orgánico que pueda sufrir alteración de sus propiedades físicas por compactación.<br>• Medida de mitigación: Se prohibirá la operación de maquinaria y vehículos fuera de caminos y áreas de maniobra para evitar afectaciones a las propiedades físicas del suelo.<br>• Medida de mitigación: Todos los caminos internos operativos recibirán mantenimiento permanente, incluyendo su revestimiento, para mantenerlos funcionales y evitar que la maquinaria y vehículos se vean en la necesidad de utilizar otras áreas para circular con el fin de garantizar su seguridad. | Preservación de las propiedades físicas del suelo y estabilización de áreas de desplante | Mantener con la menor variación posible las propiedades físicas de los suelos en las áreas de intervención: textura, estructura, porosidad, color y estabilización. | El procedimiento de determinación está definido en la NOM-021-RECNAT-2000; USDA (1999); Cuanalo (1981); IUSS Working Group WRB (2015); FAO (2020). |

| Código | Impacto ambiental | Medida ambiental | Indicador de impacto | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | Nombre | Objetivo | Cálculo |
| FQ-27 | Cambio de las propiedades químicas y biológicas del suelo | • Medida de prevención: Durante el tiempo que la maquinaria esté estacionada por falla mecánica, el suelo deberá tener una protección contra posibles fugas o derrames de hidrocarburos de los depósitos de los automotores.<br>• Medida de mitigación: Para disminuir las fugas y derrame de hidrocarburos, toda la maquinaria y vehículos que se encuentren operando serán sometidos a un programa de servicio y mantenimiento preventivo para evitar altas emisiones de gases con partículas contaminantes. Además, al inicio del turno de trabajo se realizará una inspección preoperativa para verificar que los equipos estén funcionando correctamente.<br>• Medida de prevención: En las áreas de trabajo únicamente se podrán realizar mantenimientos de emergencia a maquinaria y equipo con protección del suelo contra fugas y derrames de líquidos. No obstante, se evitará realizar cualquier tipo de reparación en áreas cercanas a cuerpos de agua superficiales, permanentes y temporales.<br>• Medida de mitigación: El suelo y material pétreo contaminado por derrames y fugas de hidrocarburos u otras sustancias químicas serán colectados y almacenados para su manejo, transporte y disposición final por una empresa autorizada por la SEMARNAT y la SCT para el manejo y transporte de residuos peligrosos, según sea el caso.<br>• Medida de mitigación: Los residuos peligrosos que se generen serán diferenciados considerando las especificaciones de la norma oficial mexicana NOM-052-SEMARNAT-2005, así como lo indicado en la LGPGIR y su reglamento, los más comunes en esta etapa son los generados por el mantenimiento de automotores, del proceso minero y recuperación de suelo contaminado por hidrocarburos producto de fugas y derrames de automotores. Estos residuos se almacenarán temporalmente en el almacén temporal de residuos peligrosos de la empresa actualmente en operación, el cual opera bajo el cumplimiento de lo establecido en capítulo IV, sección I, del reglamento de la LGPGIR, artículos 82, 83 y 84. Este almacén temporal cuenta con una capa aislante o base de concreto con bordo contenedor de derrames y está techado y ventilado.<br>• Medida de prevención: Se contará con contenedores con tapadera para la disposición temporal de residuos sólidos urbanos | Contaminación del suelo en las áreas de acción directa por el desarrollo del proyecto. | Reducir la generación de residuos sólidos urbanos, de manejo especial y peligrosos. | El procedimiento de determinación y valores de referencia en la NOM-021-RECNAT-2000. Cuanalo (1981); Perevochtchikova (2013), refiere que el indicador ambiental para la evaluación del impacto de los residuos, tanto de los que denomina como industriales como de los orgánicos, es su producción ($m^3$), así como su reciclaje (proporción del volumen que es generado que es reciclado, %); FAO (2020). |

| Código | Impacto ambiental | Medida ambiental | Indicador de impacto | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | Nombre | Objetivo | Cálculo |
| | | distribuidos de acuerdo con la operatividad de los frentes de trabajo. En cada frente de trabajo habrá contenedores rotulados para la disposición de residuos orgánicos, inorgánicos en general y plástico en específico. Las tapaderas tienen la función de evitar la dispersión de los residuos, el ingreso de fauna silvestre a buscar alimento y evitar que se mojen los residuos contenidos. Todos estos residuos serán dispuestos en el relleno sanitario de la empresa, el cual se construyó conforme lo establecido en la norma oficial mexicana NOM-083-SEMARNAT-2003.<br>• Medida de mitigación: Se habilitarán áreas específicas para la disposición separada de los residuos de manejo especial que se generen, diferenciados de acuerdo con lo establecido en la norma oficial mexicana NOM-161-SEMARNAT-2011. Una vez que se dictamine que no pueden ser reutilizados ni reciclados, serán trasladados a las áreas correspondientes, según el tipo de residuo de manejo especial, en el relleno sanitario de la empresa. Esto incluye los residuos de manejo especial generados en todas las áreas operativas, tajos, mina subterránea, planta de beneficio, áreas de exploración minera.<br>• Medida de prevención: Se impermeabilizarán todas las áreas donde se manejen sustancias químicas y soluciones de proceso.<br>• Medida de prevención: No se descargará ningún efluente que haya estado en contacto con sustancias o residuos peligrosos.<br>• Medida de prevención: Todo el inventario sobrante de productos químicos y materiales de consumo serán retirados del sitio como parte del cierre final. | | | |
| FQ-28 | Alteración de la concentración de partículas sólidas y gases en el aire | • Medida de prevención: Se realizarán monitoreos anuales de partículas $PM_{10}$ y $PM_{2.5}$ para evaluar la calidad del aire en áreas activas de las unidades mineras y determinar la efectividad de las medidas ambientales implementadas y sirvan de base en la toma de decisiones en la evaluación del desempeño ambiental del proyecto.<br>• Medida de mitigación: Se asegurará que la maquinaria y vehículos utilizados durante esta etapa del proyecto no generen emisiones a la atmósfera superiores a los límites máximos permisibles en la normatividad oficial mexicana aplicable (NOM-041-SEMARNAT-2015 y NOM-045-SEMARNAT-2017). | Contaminación ambiental de la calidad del aire. | Reducir las emisiones de agentes contaminantes por gases y partículas producto de la combustión de combustibles y operación de automotores. | Valores de referencia y procedimiento en: NOM-041-SEMARNAT-2015, NOM-043-SEMARNAT-1994, NOM-045-SEMARNAT-2017 y NOM-025-SSA1-2021. |

| Código | Impacto ambiental | Medida ambiental | Indicador de impacto | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | Nombre | Objetivo | Cálculo |
| | | • Medida de mitigación: Toda la maquinaria y vehículos que se encuentren operando serán sometidos a un programa de servicio y mantenimiento preventivo para evitar altas emisiones de gases con partículas contaminantes.<br>• Medida de mitigación: Para minimizar la suspensión de partículas del aire, los vehículos automotores deberán circular en caminos de terracería a una velocidad máxima de 40 km $h^{-1}$ en los caminos internos del proyecto y en los caminos adyacentes a la mina para personal de la mina y contratistas.<br>• Medida de mitigación: Durante la operación de maquinaria en la nivelación se aplicarán riegos en las áreas de trabajo con la finalidad de mitigar la suspensión de partículas de polvo, así como en los caminos internos del proyecto que estén en uso. En caso de observar efectos adversos a la calidad del aire por el tránsito de vehículos y maquinaria, se aplicará algún tratamiento a los caminos (estabilizadores de suelo y/o supresores de polvo), mediante reactivos biodegradables y que sean amigables con el medio ambiente.<br>• Medida de mitigación: Los vehículos que transporten material suelto que pueda ocasionar su dispersión durante el traslado se cubrirá con una lona.<br>• Medida de mitigación: El polvo generado durante las voladuras o durante la carga y transporte de material del tajo al circuito de trituración o tepetatera se mitigará, cuando sea necesario, mediante humedecimiento con el empleo de carros tanque.<br>• Medida de prevención: Quedará prohibido la quema de cualquier tipo de residuos en las áreas de trabajo, esto incluye los residuos sólidos generados y los empaques de las sustancias y productos que se reciban, principalmente los de las sustancias riesgosas, para evitar la producción de humo y partículas contaminantes.<br>• Medida de mitigación: Antes de la descarga de los camiones transportadores, el mineral extraído de la explotación subterránea y el descargado en el stock pile será humedecido con el propósito de mitigar la dispersión de polvos, para posteriormente pasar al proceso de trituración o ser apilado y almacenado a granel a cielo abierto, según sea el caso. | | | |

| Código | Impacto ambiental | Medida ambiental | Indicador de impacto | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | Nombre | Objetivo | Cálculo |
| | | • Medida de mitigación: El mineral seleccionado para beneficio, después de trituración y alcanzar el tamaño requerido (≤ 1"), se almacenará en un galerón de crudos techado y con baja humedad para reducir la generación y dispersión de partículas al medio ambiente.<br>• Medida de mitigación: Se operará un sistema supresor de polvos en la planta de trituración. Esto incluirá la aplicación de agua nebulizada en puntos críticos del circuito de trituración.<br>• Medida mitigación: En el proceso de nodulización, para reducir las emisiones de partículas de polvo se continuará operando con el motor de tiro inducido que extrae los gases e impurezas dentro del horno a contra flujo.<br>El horno de la planta de proceso utiliza gas natural, el cual genera menores emisiones de contaminantes que el gas LP. Los gases que extrae el motor pasan por un colector de polvos con 10 compartimientos, cada uno con 180 bolsas (1,800 bolsas en total). Cada bolsa tiene una vida útil de 3 a 4 años; al final de su vida útil se manejan como residuo de manejo especial.<br>El horno de la planta concentradora opera cuenta con un quemador con serpentín que optimiza el consumo de combustible (diésel). Las emisiones que se generan durante su operación se dirigen a un colector de polvos y gases. Su chimenea cuenta con puntos de muestreo y la calidad de los gases se monitorea con un termopack.<br>Para asegurar la operatividad eficiente de ambos sistemas se les da mantenimiento dos veces al año, parando totalmente su funcionamiento por tres días consecutivos en cada paro.<br>• Medida de prevención: En el área de mina subterránea, en el tiempo de cambio de turno del personal, se ventilará e inspeccionará cada área donde se ha realizado una voladura para evaluar las condiciones ambientales en el área de trabajo, así como los niveles de gases dentro de la mina. Para ello, se contará con un dispositivo móvil para detectar los gases y vapores combustibles, así como las concentraciones ambientales de $O_2$, CO, $NO_2$, $SO_2$ y $H_2S$.<br>• Medida de prevención: La mina subterránea contará con un sistema de ventilación (robbins). En Acuatitla seguirán habilitados los | | | |

| Código | Impacto ambiental | Medida ambiental | Indicador de impacto | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | Nombre | Objetivo | Cálculo |
| | | contrapozos, los cuales tienen la función de proveer ventilación natural al interior de la mina. | | | |
| FQ-29 | Generación de ondas acústicas fuertes, no deseadas y desagradables para el sentido | • Medida de mitigación: En las áreas fuera de la mina, la mayor actividad vehicular se dará entre las 6 am y las 10 pm, periodo comprendido dentro del lapso del día que se permite una mayor emisión de ruido [68 vs 65 dB (A), en zonas industriales, intensidad tomada como referencia de la modificación de la norma oficial mexicana NOM-081-SEMARNAT-1994, publicada en el Diario Oficial de la Federación el 03 de diciembre de 2013].<br>• Medida de mitigación: Para mitigar la intensidad del ruido generado por las vehículos y automotores, en general, que estén al servicio de la operación y mantenimiento del proyecto serán sometidos a un programa estricto de mantenimiento preventivo para evitar las fallas mecánicas. Además, se verificará que no se rebasen los límites máximos permisibles de emisión de ruido para vehículos automotores establecidos en la NOM-080-SEMARNAT-1994, los cuales son: 86 dB(A) para vehículos de hasta 3,000 kg de peso bruto; 92 dB(A) para vehículos con un peso bruto mayor de 3,000 kg y menor a 10,000 kg y, 99 dB(A) para vehículos automotores con peso bruto superior a los 10,000 kg.<br>• Medida de mitigación: Solo se realizarán voladuras diurnas controladas.<br>• Medida de mitigación: Ese usará un circuito de trituración parcialmente cerrado, lo que reduce la dispersión del ruido generado durante el proceso en las áreas aledañas.<br>• Medida de mitigación: La maquinaria y vehículos deberán contar con silenciadores de escapes y sistemas de amortiguamiento de ruidos.<br>• Medida de mitigación: Se programará una detonación secuencial y controlada de los barrenos en la superficie y las voladuras solo se realizarán en horario diurno. Durante actividades nocturnas se evitará cualquier actividad que tenga el potencial de generar ruido impulsivo. | Contaminación ambiental por emisiones de ondas acústicas fuertes y molestas al oído. | Reducir las emisiones de ondas acústicas fuertes, no deseadas y desagradables para el sentido. | Valores de referencia y procedimiento en: NOM-080-SEMARNAT-1994; NOM-081-SEMARNAT-1994; (WHO, 1999). |
| FQ-30 | Cambio en el comportamiento de factores climáticos | • Medida de mitigación: Las áreas a intervenir se limitarán a las áreas de desplante indicadas en el capítulo II de esta MIA-R integral. Esto implica respetar la superficie indicada que se sometería a cambio de uso de suelo y desplante de obras y realización de actividades | Variación local de factores climáticos | Reducir el área afectada por el cambio del comportamiento | Monitoreo del comportamiento de los factores climáticos usando como base los valores |

| Código | Impacto ambiental | Medida ambiental | Indicador de impacto | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | Nombre | Objetivo | Cálculo |
| | | que pueden generar cambios en factores climáticos como velocidad del viento, cambio puntual de temperatura, radiación solar y evapotranspiración. | | de los factores climáticos a verse afectados por el desarrollo del proyecto. | promedio reportados para la región en la base de datos de la CONAGUA. |
| FQ-31 | Aprovechamiento del volumen de agua superficial disponible para su explotación | • Medida de mitigación: Las instalaciones administrativas que estarán a cargo de la operación de las actividades mineras y mantenimiento de la infraestructura contarán con equipos ahorradores de agua, siendo los baños, sanitarios, comedor y oficinas las principales fuentes consumidoras de agua.<br>• Medida de mitigación: El manejo del agua de escorrentía (agua de lluvia) en los techos de la infraestructura será conducida a través de canaletas internas. Éstas colectarán el agua de lluvia y la descargarán en los escurrimientos naturales adyacentes para reducir la afectación al ciclo hidrológico o ciclo del agua.<br>• Medida de mitigación: Las aguas residuales sanitarias serán conducidas a las plantas de tratamiento para tratarlas en cumplimiento con la normatividad aplicable para su posterior reutilización en el riego de áreas del proyecto.<br>• Medida de mitigación: Para reducir la demanda de agua para el proceso proveniente de los cuerpos de agua superficiales autorizados se reciclará el agua tratada de las plantas de tratamiento de aguas residuales disponiéndola en el proceso riego de caminos o áreas verdes.<br>• Medida de mitigación: Se respetarán los términos establecidos en los títulos de concesión de aprovechamiento de agua superficial: 09HGO101151/26ISDL16, 09HGO101151/26ISDL16, 09HGO155000/26IDDL16 y 09HGO106226/26IDDL08, los cuales autorizan el consumo de 606,233.00 $m^3$ de agua anuales, entre los cuatro títulos de concesión. | Aprovechamiento de agua del manto freático. | Reducir la huella hídrica minera tomando en cuenta el proceso minero y minerales obtenidos. | Metodología para la estimación de la huella hídrica minera y valores de referencia con base en Álvarez-Pugliese (2018) y Güney y Demirel (2021). |
| FQ-32 | Alteración de la composición física, química y/o bacteriológica en el agua superficial | • Medida de prevención: Quedará prohibido almacenar material en zonas no autorizadas y con alto riesgo de arrastre de material a cuerpos de agua superficiales.<br>• Medida de mitigación: Se dispondrán contenedores con tapaderas para el almacenamiento temporal de los residuos generados en los | Cambio en la calidad física, química y bacteriológica del agua superficial. | Prevenir la dispersión de residuos, sedimentos suspendidos y la contaminación del agua por la | Valores de referencia y procedimiento en: NOM-001-SEMARNAT-2021; NOM-003-SEMARNAT-1997; NMX-AA-038-SCFI-2001 (Análisis de agua – determinación de turbiedad |

| Código | Impacto ambiental | Medida ambiental | Indicador de impacto | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | **Nombre** | **Objetivo** | **Cálculo** |
| | | frentes de trabajo y así evitar su dispersión y riesgo de contaminar cuerpos de agua superficiales.<br>• Medida de mitigación: Para evitar que los trabajadores realicen sus necesidades fisiológicas en áreas abiertas, se emplearán sanitarios portátiles en áreas que estén en operación temporal y no cuenten con servicio de sanitarios, de llegar a requerirse. La relación de trabajadores por sanitario no será mayor de 20 trabajadores por sanitario o uno cada 200 m.<br>• Medida de mitigación: Los canales (cunetas) de desviación y/o bermas serán construidas para mejorar la estabilidad de las paredes del tajo abierto y tepetateras, además, desviar la escorrentía a las presas de sedimentación para su control y manejo, recibirán mantenimiento periódico para mantenerlos funcionales. Los canales (cunetas) y las presas de sedimentación van asociadas a lo largo de caminos de acarreo y adyacentes a los tajos abierto, así como para otros componentes de la mina, como tepetatera y apilamiento de mineral estéril (lodo y tepetate).<br>• Medida de prevención: El canal de desviación y las piletas de sedimentos se monitorearán y recibirán mantenimiento preventivo para mantener su funcionalidad operativa, con la finalidad de garantizar la calidad del agua de escorrentía aguas debajo de las unidades mineras. Entre las medidas a implementar para garantizar su funcionalidad se considera el desazolve de todas las estructuras de drenaje y sedimentación.<br>• Medida de mitigación: Se continuará con el sistema de monitoreo de la calidad del agua superficiales y sedimentación en las cercanías de la tepetatera aguas abajo, así como del agua residual tratada y de los sedimentos para minimizar el riesgo de descarga de agua no conforme con la gestión de la calidad del agua para proteger la salud humana y el medio ambiente. Cabe mencionar que el óxido de manganeso es insoluble, no es lixiviable y tampoco se aprecia el arrastre del mineral por la acción de la percolación de la precipitación pluvial ya que es una partícula con gravedad específica mayor a 5, por lo que no constituye un riesgo de difusión rápida a través de cualquier cuerpo superficial de agua o de infiltración que ponga en riesgo la calidad del agua del manto acuífero. | | realización de las actividades mineras. | en aguas naturales, residuales y residuales tratadas); modificación a la NOM-127-SSA1-2021 (parámetros de calidad de las tablas 1, 2, 3 y 4). |
| FQ-33 | Alteración de la composición física, química y/o bacteriológica en el agua subterránea | | Cambio en la calidad física, química y bacteriológica del manto freático superior. | Prevenir la contaminación del agua subterránea por la realización de las actividades mineras. | |

| Código | Impacto ambiental | Medida ambiental | Indicador de impacto | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | Nombre | Objetivo | Cálculo |
| | | • Medida de mitigación: Se construirá y operará un sistema de colección por gravedad, tratamiento y reutilización de aguas residuales sanitarias que se generarán en el campamento y áreas administrativas, para su tratamiento biológico con aireación extendida previo a ser reutilizada. El agua tratada en alguna de las plantas de tratamiento de agua residual de la empresa que no sea reutilizada será descargada a algún bien nacional, previa comprobación de que no trata de un agua contaminada.<br>• Medida de prevención: Las áreas donde se manejen sustancias y soluciones riesgosas se construirán con pisos de concreto o plataformas impermeables y con sistema de contención para captar derrames, con capacidad del 110% del volumen del tanque más grande que se tenga según el área.<br>• Medida de prevención: Todos los tanques que almacenen hidrocarburos contarán con diques impermeabilizados con sistemas de contención para captar derrames en apego a especificaciones de PEMEX.<br>• Medida de mitigación: Las grasas y lubricantes utilizados durante la exploración serán biodegradables y seguros para el ambiente.<br>• Medida de prevención: No se descargará ningún efluente que haya estado en contacto con alguna sustancia o residuos peligrosos. | | | |
| FQ-34 | Cambio en el flujo y movimientos de agua superficial temporales | • Medida de mitigación: Para evitar bloqueos del flujo de agua y acumulación en zonas de escorrentía, se les dará mantenimiento a las obras de drenaje que permitan y favorezcan el libre paso de las corrientes de agua formadas por los flujos de agua superficiales.<br>• Medida de mitigación: Las tepetateras tendrán cunetas de desvío perimetral, cuya función será dirigir el escurrimiento pluvial al drenaje natural. Cada año, antes de la temporada de lluvias, se ejecutarán trabajos para el desvío y control de escurrimiento superficiales, evitando la erosión de los taludes, así como la entrada de agua pluvial y deslizamiento de material. | Interrupción y cambios de flujos de agua superficial. | Favorecer los flujos de agua superficiales internos temporales. | Relación número de flujos identificados y número y tipo de obras de drenaje y conducción de agua construidos o habilitados para redirección el sentido de la escorrentía. |
| FQ-35 | Alteración del proceso de infiltración de agua al manto freático | • Medida de mitigación: Solo se intervendrán las áreas en las que se tiene proyectado realizar el desplante de obras y realización de actividades mineras. Por ningún motivo se afectarán sitios fuera de las áreas indicadas en el capítulo II que funcionarían para el desplante de las obras del proyecto. | Limitación del proceso de recarga de agua del manto freático. | Reducir la superficie afectada y el proceso de infiltración de agua pluvial hacia el | Relación de la superficie del predio con respecto a la superficie solicitadas para el desplante de obras del proyecto. |

| Código | Impacto ambiental | Medida ambiental | Indicador de impacto | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | **Nombre** | **Objetivo** | **Cálculo** |
| | | | | manto acuífero superior. | |
| BE-11 | Disminución del número de individuos de las especies de fauna silvestre | • Medida de mitigación: Se continuará con el programa de ahuyentamiento, rescate y reubicación de fauna silvestre, incluyendo en esta actividad individuos de especies en categoría de riesgo, de acuerdo con la lista de la norma oficial mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010. De las 149 especies totales de fauna silvestre identificadas a nivel del SAR, 16 especies se encuentran listadas en categoría de riesgo, considerando la modificación del listado de la NOM-059-SEMARNAT-2010, siete clasificadas como especies amenazada (A), seis sujetas a protección especial (Pr) y tres en peligro de extinción (P).<br>Además, el programa incluirá el rescate y reubicación de individuos de alguna otra especie en categoría de riesgo no identificados durante los muestreos, en caso de que se llegaran a encontrar en las áreas de afectación.<br>• Medida de mitigación: Las actividades mineras que generen ruido significativo estarán limitadas entre las 10 pm y 6 am, para evitar afectaciones a individuos de especies nocturnas.<br>• Medida de prevención: Se establecerán cercos de seguridad en las áreas de procesos y en algunas zonas de mayor riesgo para evitar el acceso de mamíferos y reptiles. En el caso de especies de talla pequeña y que se desplazan por el suelo, se controlará la entrada mediante la instalación de cercos de configuración más cerrada.<br>• Medida de prevención: Se implementarán pláticas de seguridad, salud y protección de medio ambientales con todos los trabajadores que laboren en el proyecto, incluyendo una sobre las medidas de protección a la fauna silvestre, la forma de proceder en caso de encontrar ejemplares en las áreas del proyecto y se remarcará la prohibición sobre su aprovechamiento, captura, venta y muerte de individuos presentes en las áreas de trabajo.<br>• Medida de mitigación: Se favorecerá la permanencia de los hábitats presentes, de su conectividad y de las poblaciones animales que los habitan.<br>• Medida de compensación: Se conservarán en total 371.5053 ha como áreas verdes, de las cuales, 176.8578 ha estarán en la Unidad Minera Molango, 179.5618 ha en la Unidad Minera Naopa y | Preservación de especies de fauna silvestre representativas y en categoría de riesgo. | Mantener la diversidad y abundancia de especies de fauna silvestre presentes en la región, incluyendo aquellas catalogadas como especies en categoría de riesgo de manera prioritaria, que habitan en el SAR y área de incidencia del proyecto. | Flores-Villela et al (1991); Ceballos y Oliva (2005); Ramírez-Pulido et al. (2005). El procedimiento de monitoreo análisis de resultados y formatos de campo están descritos en FMCN et al. (2018).<br>Especies e individuos por afectar en categoría de riesgo de acuerdo con el listado de la NOM-059-SEMARNAT-2010. |
| BE-12 | Alteración de las áreas de desplazamiento de ejemplares de fauna silvestre | | | | |
| BE-13 | Afectación a ejemplares de fauna silvestre de especies en categoría de riesgo y relevancia ambiental | | | | |

| Código | Impacto ambiental | Medida ambiental | Indicador de impacto | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | Nombre | Objetivo | Cálculo |
| | | 15.0857 ha en la Unidad Minera Nonoalco. Esta superficie funcionará como hábitat para la fauna silvestre. | | | |
| SC-10 | Modificación de las cualidades estético - paisajísticas | • Medida de mitigación: Las áreas que vayan culminando su ciclo productivo serán sometidas a un programa de restauración y reforestación con especies nativas.<br>• Medida de mitigación: El cambio de sistema de minado de tajo a cielo abierto a subterráneo ayuda a mitigar el impacto y mantener la funcionalidad ambiental de componentes ambientales superficiales, como el suelo, relieve, la flora y fauna silvestre, así como a mitigar el impacto adverso visual del medio ambiente, en este caso entendido como la percepción visual del ecosistema. | Cambios en las formas perceptivas (auditiva, olfativa y visual) en el área de incidencia. | Evaluar el cambio perceptivo del medio ambiente, considerando el aspecto visual, en el área de afectación directa del proyecto. | La forma de evaluación y análisis es el descrito por Muñoz-Pedrero (2004). |
| SC-11 | Impacto en la calidad de vida de los vecinos de las obras | Para mitigar la afectación a los pobladores que viven en áreas aledañas al proyecto, se efectuarán las siguientes actividades:<br>• Medida de mitigación: Se implementarán las medidas ambientales para mitigar la contaminación del aire mencionadas en el impacto ambiental FG-28.<br>• Medida de mitigación: Para mitigar las afectaciones por la generación de ruido se implementarán las medidas ambientales indicadas en el impacto ambiental FQ-29.<br>• Medida de compensación: Se generarán alrededor de 2,100 empleos, de los cuales aproximadamente el 70% son empleos permanentes y el 30% eventuales, en los que se da preferencia a pobladores de las localidades vecinas, de acuerdo con sus capacidades, nivel de preparación y perfil del puesto buscado.<br>• Medida de compensación: El personal que labore directa e indirectamente para el Distrito Minero recibirá capacitación de acuerdo con sus funciones, lo que implicará una mejora en el desempeño de sus actividades y superación en su puesto laboral.<br>• Medida de compensación: La Compañía Minera implementará un esquema de apoyo a las comunidades que tienen incidencia directa e indirecta con la operación del proyecto, el cual estará conformado por diversos programas sociales que aportan múltiples beneficios sociales en la región. Los programas desarrollados cumplen diversos objetivos, todos con un fuerte sentido social.<br>• Medida de compensación: Seguirá en operación el Centro de Educación Ambiental (CEA), cuya finalidad es la de ejecutar labores de capacitación a las comunidades, con énfasis en temas de | Alteración del ritmo y calidad de vida en las localidades cercanas al área del proyecto. | Minimizar el grado de afectación a la población de las comunidades asentadas en la región del proyecto. | Los indicadores por seguir para evaluar la afectación serían dos: uno relacionado con la población afectada, que puede ser el número de pobladores afectados con respecto al total de la población; y, el segundo sería considerando la diversidad y magnitud de las formas mediante las cuales se afecta a la población. |

| Código | Impacto ambiental | Medida ambiental | Indicador de impacto | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | Nombre | Objetivo | Cálculo |
| | | conservación de flora y fauna, servicios ambientales, desarrollo rural sustentable, así como la conservación de Áreas Naturales Protegidas. Como parte de su operación, se seguirán programando actividades de educación ambiental de manera periódica. | | | |
| SC-14 | Incremento de riesgos por accidentes | • Medida de prevención: Se deberá cumplir con las normas referentes a seguridad e higiene en los centros de trabajo. Por lo tanto, los trabajadores deberán contar con equipo de protección personal (cascos, tapabocas, lentes, botas, etc.), de acuerdo con las actividades que desarrollen.<br>• Medida de prevención: Para prevenir los riesgos de accidentes vehiculares se cumplirá con lo establecido en la norma oficial mexicana NOM-001-STPS-2008, numeral 9, en el cual se mencionan los requisitos de seguridad para el tránsito de vehículos. Entre los puntos a tomar en cuenta se encuentran:<br>  • Los lugares por donde circulen vehículos y trabajadores simultáneamente, se delimitará un pasillo que permita el tránsito seguro del trabajador o, en su caso, se colocarán señalamientos de prohibición para el tránsito simultáneo.<br>  • Las áreas de carga y descarta deberán estar delimitadas o señalizadas.<br>  • La velocidad máxima de operación vehicular en las áreas de carga y descarga, patios de maniobras y caminos internos de circulación vehicular estará claramente señalizada.<br>• Medida de prevención: Los trabajos constructivos que se realicen en la mina subterránea deberá observar las especificaciones aplicables de seguridad y riesgo mencionadas en la norma oficial mexicana NOM-033-STPS-2015, que establece las condiciones de seguridad para trabajar en espacios confinados. | Exposición de los trabajadores a factores de riesgo. | Minimizar la exposición de los trabajadores a accidentes labores mediante el establecimiento de medidas de seguridad en el área de trabajo. | La eficiencia de la implementación de las medidas estará dada por el número de incidentes, por tipo, con respecto al número de frentes de trabajo activos. |
| EO-10 | Incremento de la población económicamente activa externa que demanda bienes, servicios y empleo | • Medida de mitigación: Cuando el perfil del puesto lo permita, se contratará preferentemente a personal de localidades cercanas para incrementar sus ingresos y calidad de vida. Con la finalidad de incrementa su competitividad en los puestos labores, todos los empleados recibirán cursos de capacitación específicos para área de trabajo.<br>• Medida de mitigación: Implementar acciones de introducción a la comunidad para difundir usos y costumbres de la región para promover el respeto a sus habitantes, su cultura y sus tradiciones. | Flujo migratorio relacionado directamente con el proyecto. | Minimizar el flujo migratorio a la región para reducir la población externa, el incremento de necesidades de vivienda, bienes y servicios, y evitar el | Mano de obra contratada migrante con respecto a la mano de obra contratada de la región y mano de obra total. |

| Código | Impacto ambiental | Medida ambiental | Indicador de impacto | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | Nombre | Objetivo | Cálculo |
| | | • Medida de prevención: Entre el periodo de 1960 y 1970 la empresa construyó la zona habitacional Otongo o colonia Guadalupe, Unidad Minera Molango, municipio de Tepehuacán de Guerrero, para sus empleados, en una superficie de 37.04 ha. Además, se cuenta campamento para los empleados provenientes de otras regiones para proveerles alojamiento y los servicios básicos sin comprometer la disponibilidad de estos para los pobladores de la región. Para el bienestar de los usuarios, se cuenta con servicios básicos, entre ellos: comedor, lavandería, canchas deportivas, área de relajación. | | choque cultural con los pobladores de las localidades de la región. | |
| **Abandono** | | | | | |
| FQ-38 | Conformación de horizontes del suelo en áreas del desplante | • Medida de prevención: Para mitigar la pérdida de suelo durante el proceso de descompactación de áreas degradadas la actividad se realizará de manera progresiva, conforme se vaya dando el proceso de restauración, para evitar dejar por mucho tiempo el área trabajada expuesta a impactos erosivos, como fuertes precipitaciones y vientos.<br>• Medida de prevención: Los taludes de tajos, tepetateras y disposición de material estéril (lodos y tepetate) expuestos a procesos erosivos serán sometidos a actividades de protección y restauración, consistente en la construcción de cunetas de desvío de corrientes de agua de lluvia superficiales, construcción de presas de captación – sedimentación, colocación de malla de coco e hidrosiembra. Estas acciones van dirigidas a crear una cobertura protectora al material expuesto con la finalidad de reducir la pérdida de suelo. | Preservación de horizontes del suelo con mejores características físicas, químicas y microbiológicas y del material estéril depositado en los sitios de acumulación. | Reducir la pérdida de suelo y material estéril en los diferentes sitios de depósito. | El procedimiento de evaluación de pérdida de suelo está determinado en Cerdà y Jordán (2010) y Cotler (2020). |
| FQ-40 | Cambio de las propiedades químicas y biológicas del suelo | • Medida de prevención: Durante el tiempo que la maquinaria esté estacionada, el suelo deberá tener una protección contra posibles fugas o derrames de hidrocarburos de los depósitos de los automotores.<br>• Medida de prevención: Para evitar posibles derrames de hidrocarburos durante el reabastecimiento directo en las áreas de apoyo, se aplicará un procedimiento para el relleno de depósitos, el cual aplica desde el manejo de hidrocarburos, el relleno de los equipos y las medidas preventivas para evitar derrames.<br>• Medida de mitigación: Para disminuir las fugas y derrame de hidrocarburos, toda la maquinaria y vehículos que se encuentren | Contaminación del suelo en las áreas de acción directa por el desarrollo del proyecto. | Reducir la generación de residuos sólidos urbanos y peligrosos. | El procedimiento de determinación y valores de referencia en la NOM-021-RECNAT-2000. Cuanalo (1981); Perevochtchikova (2013), refiere que el indicador ambiental para la evaluación del impacto de los residuos, tanto de los que denomina como industriales como de los |

| Código | Impacto ambiental | Medida ambiental | Indicador de impacto | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | Nombre | Objetivo | Cálculo |
| | | operando serán sometidos a un programa de servicio y mantenimiento preventivo para evitar altas emisiones de gases con partículas contaminantes. Además, al inicio del turno de trabajo se realizará una inspección preoperativa para verificar que los equipos estén funcionando correctamente.<br>• Medida de prevención: Las reparaciones de maquinaria y equipos automotores propiedad de la empresa se realizarán en los talleres de mantenimiento construidos y acondicionados para ello. En los frentes de trabajo solo se realizarán trabajos de mecánica en casos de emergencia para poder mover los equipos averiados por accidentes a los talleres mecánicos. Por Ningún motivo se efectuarán reparaciones de maquinaria en área cercanas a los cauces de cuerpos de agua superficiales.<br>• Medida de mitigación: El suelo y material pétreo contaminado por derrames y fugas de hidrocarburos u otras sustancias químicas residuales serán colectados y almacenados en los almacenes temporales de residuos peligrosos de la empresa para el manejo, transporte y disposición final por parte de una empresa autorizada por la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales ("SEMARNAT") y la Secretaría de Comunicaciones y Transportes ("SCT") para el manejo y transporte de residuos peligrosos. Para complementar esta medida, se elaborará un manual de procedimientos ambientales y de seguridad en el manejo de sustancias químicas e hidrocarburos, el cual incluya un plan de prevención y respuesta a derrames.<br>• Medida de prevención: Se habilitarán sitios delimitados y claramente señalados para la disposición temporal de residuos de manejo especial producto de las actividades de derribo. Posteriormente, los residuos de manejo especial generados se dispondrán en el área específica del relleno sanitario de la empresa.<br>• Medida de mitigación: Se dispondrá de contenedores con tapadera para la disposición temporal de residuos sólidos urbanos distribuidos de acuerdo como estén los frentes de trabajo. En cada local habrá contenedores rotulados para la disposición de residuos orgánicos, inorgánicos en general y plástico en específico. Las tapaderas tienen la función de evitar la dispersión de los residuos, el ingreso de fauna silvestre a buscar alimento y evitar que se mojen los residuos contenidos. | | | orgánicos, es su producción ($m^3$), así como su reciclaje (proporción del volumen que es generado que es reciclado, %); FAO (2020). |

| Código | Impacto ambiental | Medida ambiental | Indicador de impacto | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | Nombre | Objetivo | Cálculo |
| | | • Medida de mitigación: Todos los residuos sólidos de tipo urbano colectados y almacenados temporalmente en el predio serán dispuestos en el relleno sanitario de la empresa.<br>• Medida de mitigación: Se instalarán baños portátiles en los frentes de trabajo que no tengan disponibilidad de sanitarios a razón de uno por cada 20 trabajadores. Los sanitarios portátiles consistirán en módulos individuales de fibra de vidrio o plástico que contarán con ventilación adecuada y un tanque colector en su base. El servicio se contratará a una empresa especializada de la región que cuente con las autorizaciones correspondientes, entre ellas la del manejo y disposición de aguas residuales. Los servicios sanitarios se colocarán en sitios estratégicos para facilitar el acceso a los trabajadores. | | | |
| FQ-41 | Alteración de la concentración de partículas sólidas y gases en el aire | • Medida de mitigación: Se asegurará que la maquinaria y vehículos utilizados durante esta etapa del proyecto no generen emisiones a la atmósfera superiores a los límites máximos permisibles en la normatividad oficial mexicana aplicable (NOM-041-SEMARNAT-2015 y NOM-045-SEMARNAT-2017).<br>• Medida de mitigación: Toda la maquinaria y vehículos que se encuentren operando serán sometidos a un programa de servicio y mantenimiento preventivo para evitar altas emisiones de gases con partículas contaminantes.<br>• Medida de mitigación: Para minimizar la suspensión de partículas del aire, los vehículos automotores deberán circular en caminos de terracería a una velocidad máxima de 40 km $h^{-1}$ en los caminos internos del proyecto y en los caminos adyacentes a la mina para personal de la mina y contratistas.<br>• Medida de mitigación: Durante la operación de maquinaria en la restauración de las áreas afectadas, se aplicarán riegos con la finalidad de mitigar la suspensión de partículas de polvo, así como en los caminos internos del proyecto que estén en uso. En caso de observar efectos adversos a la calidad del aire por el tránsito de vehículos y maquinaria, se aplicará algún tratamiento a los caminos mediante el uso de reactivos (estabilizadores de suelo y/o supresores de polvo), biodegradables y amigables con el medio ambiente. | Contaminación ambiental de la calidad del aire. | Reducir las emisiones de agentes contaminantes por gases y partículas producto de la combustión de combustibles y operación de automotores. | Valores de referencia y procedimiento en: NOM-041-SEMARNAT-2015; NOM-043-SEMARNAT-1994, NOM-045-SEMARNAT-2017 y NOM-025-SSA1-2021. |

| Código | Impacto ambiental | Medida ambiental | Indicador de impacto | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | Nombre | Objetivo | Cálculo |
| | | • Medida de mitigación: Los vehículos que transporten material suelto que pueda ocasionar su dispersión durante el traslado se cubrirá con una lona.<br>• Medida de prevención: Quedará prohibido la quema de cualquier tipo de residuos en las áreas de trabajo, esto incluye los residuos sólidos generados y los orgánicos producto de la limpieza de áreas de trabajo, para evitar la producción de humo y partículas contaminantes.<br>• Medida de mitigación: Continuará la operación de la red de monitoreo de la calidad del aire en la periferia del recinto minero y en los poblados más cercanos como San Tiburcio, San Francisco de Los Quijano y El Berrendo. Los parámetros de interés a medir son las partículas menores a 10 micras ($PM_{10}$) y partículas menores a 2.5 micras ($PM_{2.5}$). | | | |
| FQ-42 | Generación de ondas acústicas fuertes, no deseadas y desagradables para el sentido | • Medida de mitigación: La maquinaria, vehículos y equipos automotores que se usen serán sometidos a un programa estricto de mantenimiento preventivo para evitar las fallas mecánicas. Además, se supervisará que la maquinaria y vehículos cuenten con silenciadores para reducir las emisiones sonoras durante su operación. Para ello, se verificará que no se rebasen los límites máximos permisibles de emisión de ruido para vehículos automotores establecidos en la NOM-080-SEMARNAT-1994, los cuales son: 86 dB(A) para vehículos de hasta 3,000 kg de peso bruto; 92 dB(A) para vehículos con un peso bruto mayor de 3,000 kg y menor a 10,000 kg y, 99 dB(A) para vehículos automotores con peso bruto superior a los 10,000 kg.<br>• Medida de mitigación: La maquinaria y vehículos deberán contar con silenciadores de escapes y sistemas de amortiguamiento de ruidos.<br>• Medida de mitigación: La actividad de la maquinaria, vehículos y equipos automotores que generen la mayor intensidad sonora estará restringida entre las 10 p.m. y 6 a.m., para evitar afectaciones a individuos de especies nocturnas.<br>• Medida de mitigación: Se contará con una bitácora del equipo y maquinaria para el registro del calendario y tipo de mantenimiento requerido para los automotores que sean requeridos para el desarrollo del proyecto. | Contaminación ambiental por emisiones de ondas acústicas fuertes y molestas al oído. | Reducir las emisiones de ondas acústicas fuertes, no deseadas y desagradables para el sentido. | Valores de referencia y procedimiento en: NOM-080-SEMARNAT-1994; NOM-081-SEMARNAT-1994; (WHO, 1999). |

| Código | Impacto ambiental | Medida ambiental | Indicador de impacto | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | Nombre | Objetivo | Cálculo |
| SC-14 | Obtención de recursos minerales del subsuelo | El desmantelamiento de la infraestructura para la explotación mineral, mantenimiento de caminos y distribución de energía desde el punto de vista social y económico implica dejar de recibir los beneficios que estas alternativas representan como fuentes generadoras de empleo, derrama económica y como fuente de ingresos en las arcas de las dependencias de los tres niveles de gobierno. Por lo que, no existen medidas que implementar al respecto.<br>Se puede valorar el dejar infraestructura habilitada o acondicionada para servicio de las comunidades asentadas en el área del complejo minero, como los caminos de terracería construidos exclusivamente para el servicio de la mina, la subestación eléctrica y líneas de distribución de energía, acondicionamiento de tajos como áreas de recreación, las plantas de tratamiento de aguas residuales, entre otros. Todo esto de llegar a un acuerdo entre los pobladores, entidades gubernamentales (de ser necesario) y la empresa.<br>Las medidas ambientales propuestas para el cierre del proyecto son las siguientes:<br>• Medida de mitigación: Al término de la vida útil del proyecto se contempla transformar los tajos en reservorios de agua para beneficio de los pobladores, previa la realización de estudios de factibilidad y cumplir con los trámites y permisos.<br>• Medida de mitigación: El resto de la infraestructura construida y áreas operativas habilitadas para el servicio de la empresa serán desmanteladas, todos los residuos generados retirados, las áreas acondicionadas para restaurar e implementar las actividades de restauración para garantizar su funcionalidad ambiental.<br>• Medida de mitigación: El suelo recuperado, almacenado y acondicionado durante la etapa de construcción, se utilizará para cubrir las tepetateras, sitios de disposición de material estéril (lodos y tepetate) y demás áreas de desplante de infraestructura minera. El área de cobertura dependerá de la disponibilidad de suelo y de material de baja granulometría. Se recurrirá a la hidrosiembra y a la fertilización temporal de la cubierta para proporcionar una cobertura vegetal con especies nativas hasta que la vegetación se restablezca.<br>• Medida de mitigación: Para mitigar efectos sobre el relieve del paisaje, al finalizar las operaciones mineras, los taludes de las tepetateras y sitios de disposición de material estéril (lodos y | Restauración de áreas afectadas por la actividad minera. | Mitigar las afectaciones ocasionadas a los componentes ambientales durante la ejecución del proyecto. | El indicador por considerar es la superficie sometida a restauración con respecto a la superficie total afectada.<br>Otro indicador por evaluar es el número de obras desmontadas y las cedidas con respecto a obras totales habilitadas. |

| Código | Impacto ambiental | Medida ambiental | Indicador de impacto | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | Nombre | Objetivo | Cálculo |
| | | tepetate) tendrán una los ángulos que garanticen su estabilización de acuerdo con los estudios realizados específicos para cada sitio. En el caso de las tepetateras, se suavizarán un poco los taludes, previo a la colocación de la capa de suelo orgánico.<br>• Medida de prevención: Para prevenir el ingreso de agua de escurrimientos superficiales al tajo, después del cierre se mantendrá la cuneta de desviación de escorrentía y las bermas de captación de agua alrededor del tajo y se estabilizará su parte superior para prevenir accidentes.<br>• Medida de mitigación: Todo el suelo y material diverso contaminado con residuos peligrosos será recogido para su transporte y disposición final por parte de una empresa autorizada para el transporte, manejo y disposición final de este tipo de residuos.<br>• Medida de prevención: Se conformarán bordes de enrocamiento, de 2.0 metros de altura, alrededor de los tajos (en donde sea posible) para reducir el riesgo potencial de accidentes. | | | |

## VI.2. Programa de vigilancia ambiental

Todo programa de vigilancia ambiental (PVA) tiene por objetivo establecer los lineamientos para garantizar la ejecución y seguimiento de las medidas de prevención y mitigación de impactos ambientales propuestas en los estudios de impacto ambiental sometidos al procedimiento de evaluación en la materia. En este caso específico, se habla de las medidas ambientales propuestas anteriormente.

En este apartado se describe el PVA que permitirá dar seguimiento a las actuaciones indicando la frecuencia y tipo de los informes que habrán de mostrar los alcances y eficacia de las medidas adoptadas.

El PVA tiene los siguientes objetivos:

- Definir una estrategia para la implementación de los programas específicos de gestión ambiental propuestos.
- Asegurar y documentar su ejecución.
- Verificar estándares de calidad de los insumos.
- Comprobar la eficiencia y eficacia de las medidas establecidas durante su ejecución.
- Detectar en momentos tempranos impactos ambientales adversos no previstos.
- Establecer límites en los casos que sea aplicable, los niveles o límites que definan cuando se requieran acciones emergentes de modificación, corrección o compensación a las acciones realizadas para evitar la afectación ambiental.
- Generar formatos para verificar los impactos ambientales potenciales analizados en este estudio, así como de las condicionantes que la autoridad establezca por su desarrollo, de ser el caso, a fin de corroborar la validez del modelo y ecuación utilizados.

El PVA parte de criterios y lineamientos ambientales básicos para el control de la obra, entre los que destacan las siguientes medidas, de manera enunciativa, más no limitativa:

- La obra deberá estar limpia y ordenada en todo momento.
- Se controlará y evitará la dispersión de residuos sólidos urbanos, la disposición incorrecta de los residuos de manejo especial y se pondrá énfasis en el manejo, disposición temporal y final de los residuos peligrosos generados por el desarrollo del proyecto. Se tendrá como premisa que éstos no deberán ser mezclados entre ellos y se implementarán los medios necesarios para hacer del conocimiento de los trabajadores la forma correcta de su manejo, disposición y reutilización.
- Se implementará la política de disminuir la generación de residuos. Se reutilizarán y reciclarán todos los elementos que se puedan reutilizar o reciclar las veces que sea posible, antes de disponerlo definitivamente como material residual.
- Se tendrá una programación de la aplicación de riegos para prevenir la generación de polvos, con base en los frentes de trabajo activos, intensidad de trabajo y humedad del suelo.
- Toda actividad del personal, maquinaria y equipos se realizará dentro de las áreas de desplante y operación de obras para evitar la afectación de áreas aledañas.
- Situar las instalaciones de apoyo en áreas de desplante de obras futuras, en áreas sin cobertura vegetal, a fin de proteger el suelo y la cubierta vegetal.
- Para evitar la emisión de gases a la atmosfera y la generación de ruido por parte de la maquinaria y vehículos, se implementará un estricto programa preventivo de mantenimiento. El cambio de aceite y filtros de la

maquinaria deberá hacerse en los talleres de mantenimiento de vehículos y maquinaria pesada habilitados. Si fuese necesario cambiar el aceite en la obra, por casos de emergencia (accidentes), el suelo se protegerá contra fugas y derrames de hidrocarburos, siguiendo el protocolo establecido para esta actividad.

- No se permitirá hacer fogatas ni incinerar residuos.
- Se instalarán baños portátiles para el uso de los trabajadores de los frentes de trabajo activos que no cuenten con servicio cerca para evitar las defecaciones al aire libre y la contaminación del suelo, cuerpos de agua, aire y prevenir afectaciones a la salud de los trabajadores. Para ello, se utilizará una proporción de una letrina por cada 20 trabajadores o una letrina cada 200 m, lo que aplique en los frentes de trabajo que no cuenten con sanitarios fijos.
- En todo momento le estará prohibido a todos los trabajadores capturar, cazar o dañar la fauna silvestre y extraer flora silvestre para su uso o comercialización.
- El manejo del agua de escorrentía (agua de lluvia) en las construcciones será conducida a través de obras de drenaje internas. Éstas colectarán el agua de lluvia y la descargarán en los escurrimientos naturales adyacentes para reducir la afectación al ciclo hidrológico o ciclo del agua.
- El agua captada en los tajos de la mina se bombeará a sedimentadores para eliminar las partículas suspendidas y, una vez que el agua se encuentre libre de partículas enviar a los cuerpos de aguas superficiales.
- Para reducir la demanda de agua proveniente del cuerpo de agua superficial, del cual se cuenta con la concesión de aprovechamiento de agua, se reciclará el agua tratada en las plantas de tratamiento de aguas residuales.
- Se establecerá un sistema de monitoreo de la calidad del agua superficiales en las cercanías de la tepetatera aguas abajo y al agua residual tratada, así como de los sedimentos para minimizar el riesgo de descarga de agua no conforme con la gestión de la calidad del agua para proteger la salud humana y el medio ambiente.
- Las medidas ambientales propuestas en la Tabla VI.3 serán implementadas complementándolas con las condicionantes y medidas establecidas como parte del proceso de evaluación en materia de impacto ambiental realizado por la autoridad ambiental, en caso de que se determine la viabilidad ambiental para el desarrollo del proyecto.

Los resultados de la implementación de este programa serán informados de acuerdo con la periodicidad que la autoridad considere pertinente, de ser el caso.

Las MIA-G que se presentaron a evaluación de impacto ambiental de los proyectos **“Tajo Naopa”** y **“Tajo Acuatitla”** no incluyeron la propuesta de un programa de vigilancia ambiental. El DTU, modalidad A, que se presentó para la evaluación del proyecto **“Modificación del Proyecto Tajo Naopa”** incluyó un programa de manejo ambiental que incluyó las medidas ambientales e indicadores de impacto para evaluar la efectividad de las medidas ambientales propuestas para prevenir y mitigar los impactos ambientales adversos potenciales identificados. Sin embargo, este programa dista de contener los objetivos, estructura y alcances de un programa de vigilancia ambiental.

Considerando lo antes mencionado, la propuesta de programa de vigilancia ambiental que se presenta como parte de la ejecución del proyecto integrador del Distrito Minero Autlán es el resultado del análisis del conjunto de medidas ambientales que se proponen implicar para la prevención y mitigación de los impactos ambientales potenciales identificados. Este programa, si bien no integra alguna otra propuesta similar, sí contempla las medidas ambientales que se propusieron en los proyectos previamente evaluados y autorizados.

Los 10 programas generales propuestos para conformar el programa de vigilancia ambiental involucran el seguimiento de las medidas ambientales propuestas para los impactos ambientales adversos identificados, así como de condicionantes establecidas por la autoridad en los oficios resolutivos y aplicables a las condiciones actuales.

Además de abarcar las medidas ambientales para darle seguimiento a los impactos ambientales asociados a los componentes bióticos y abióticos del medio ambiente, también se consideran programas para darle seguimiento a temas relacionados con aspectos técnicos operativos propios de la actividad minera, seguridad y salud laboral, capacitación y la supervisión ambiental para el seguimiento a la implementación y evaluación de resultados de los programas. En la Tabla VI.4 se presentan los programas generales que conforman el programa de vigilancia ambiental propuestos, así como los objetivos de su implementación.

***Tabla VI.4. Programas generales que constituyen el programa de vigilancia ambiental propuesto como parte de la implementación de las medidas ambientales para el desarrollo del proyecto.***

| Programa general | Objetivo |
|---|---|
| Gestión de suelo | • Promover las actividades que garanticen la preservación de la capa edáfica, así como aquellas que prevengan y mitiguen los procesos de degradación del suelo en las áreas libres de afectación del proyecto.<br>• Rescatar, almacenar y reutilizar el suelo de los perfiles orgánico y aluvial con la finalidad de conservar los nutrientes y microrganismos degradadores de la materia orgánica del suelo, previo a la pérdida del suelo por las actividades del proyecto.<br>• Mitigar la pérdida hídrica y eólica del suelo en el área del proyecto.<br>• Dar seguimiento a las medidas ambientales para prevenir y mitigar la degradación química y biológica del suelo por efecto del proyecto.<br>• Definir e implementar los mecanismos de evaluación y seguimiento para determinar la eficiencia de las medidas ambientales implementadas para la prevención, mitigación y compensación de los impactos ambientales a este factor ambiental. |
| Gestión atmosférica | • Garantizar que la ejecución del proyecto implemente las medidas ambientales para reducir la afectación a la calidad del aire en efecto de la ejecución del proyecto.<br>• Prevenir y mitigar la generación y dispersión de partículas contaminantes en el aire.<br>• Regular la intensidad de las emisiones sonoras en las actividades relacionadas con el desarrollo del proyecto.<br>• Definir e implementar los mecanismos de evaluación y seguimiento para determinar la eficiencia de las medidas ambientales implementadas para la prevención, mitigación y compensación de los impactos ambientales a este factor ambiental. |
| Gestión del agua | • Establecer e implementar los mecanismos para garantizar la conservación y protección del recurso hídrico, tanto de la hidrología superficial como de la subterránea, derivado de las actividades del proyecto para el beneficio del ecosistema y de las localidades asentadas dentro del sistema ambiental regional.<br>• Evitar la interrupción y recarga de cuerpos de aguas por el desarrollo del proyecto.<br>• Implementar las medidas ambientales tendientes a evitar la contaminación de los cuerpos de agua superficiales y del manto acuífero, demostrando la eficiencia en la conservación y protección del componente ambiental. |

| Programa general | Objetivo |
|---|---|
| | • Establecer las medidas eficientes para reducir la huella hídrica sin afectar la funcionalidad, eficiencia y operatividad del proyecto.<br>• Definir e implementar los mecanismos de evaluación y seguimiento para determinar la eficiencia de las medidas ambientales implementadas para la prevención, mitigación y compensación de los impactos ambientales a este factor ambiental. |
| Gestión de residuos | • Prevenir y mitigar la contaminación ambiental y degradación química y biológica del suelo por la acumulación de residuos sólidos urbanos, de manejo especial, peligrosos y mineros que se generen por el desarrollo del proyecto.<br>• Promover la prevención de la generación, valorización, reciclaje y manejo integral de los residuos peligrosos, de manejo especial y sólidos urbanos que se generen como resultado del desarrollo del proyecto.<br>• Establecer las modalidades de manejo integral según el tipo de residuos generados.<br>• Definir esquemas de manejo donde se promueva la responsabilidad de la generación de residuos, su disminución, clasificación y reciclado.<br>• Definir el manejo más adecuado del material estéril (lodos y tepetate) y otros residuos mineros que se generarían durante el proceso de minado para mitigar los impactos ambientales adversos al medio ambiente. |
| Conservación de comunidades vegetales y flora silvestre | • Prevenir, mitigar, restaurar y compensar las afectaciones y el deterioro de la cobertura vegetal, y sus variables descriptivas, producto de las actividades del proyecto.<br>• Establecer e implementar las estrategias para evitar el deterioro de la cobertura vegetal a conservar.<br>• Supervisar y documentar los procesos de rescate, manejo y reubicación de los individuos de flora silvestre rescatados y trasplantados.<br>• Definir e implementar los mecanismos de evaluación y seguimiento para determinar la eficiencia de las medidas ambientales implementadas para la prevención, mitigación y compensación de los impactos ambientales a este factor ambiental. |
| Protección y conservación de fauna silvestre | • Establecer las prácticas más adecuadas para la conservación y protección de la fauna silvestre que se pudiera ver afectada por el desarrollo del proyecto.<br>• Detallar las técnicas de captura y traslado seguros para cada una de las especies de fauna.<br>• Identificar áreas libres de afectación y con condiciones propicias para la liberación de los individuos rescatados.<br>• Definir e implementar los mecanismos de evaluación y seguimiento para determinar la eficiencia de las medidas ambientales implementadas para la prevención, mitigación y compensación de los impactos ambientales a este factor ambiental. |
| Respuesta a emergencias | • Brindar los elementos necesarios para prevenir, mitigar y/o compensar las afectaciones que se pueden ocasionar al medio ambiente y a la sociedad, así como el de prevenir los riesgos a los que se exponen los trabajadores, derivado de las actividades que implican la ejecución del proyecto. |

| Programa general | Objetivo |
|---|---|
| | • Elaborar, difundir e implementar las acciones de atención a las contingencias ambientales, a través de los canales habilitados en la estructura jerárquica, de manera preventiva ante su posible existencia.<br>• Elaborar, difundir e implementar, a través de los canales habilitados en la estructura jerárquica, las acciones para la prevención de accidentes en las áreas de trabajo para salvaguardar la integridad física de los trabajadores operativos y del personal administrativo que laboran en el predio del proyecto.<br>• Establecer los procedimientos para la prevención y atención de derrames de sustancias químicas, materiales contaminados, incendios, derrumbes, así como de otras contingencias para prevenir y mitigar los impactos ambientales. |
| Seguridad y educación ambiental | • Implementar programas de capacitación, entrenamiento y concientización en el personal sobre las obligaciones y responsabilidades inherentes a la protección y conservación ambiental y el entorno que condiciona las circunstancias de vida y salud de las personas y de la sociedad.<br>• Definir el programa de capación del personal en temas de seguridad y salud laboral y protección ambiental.<br>• Establecer las estrategias para la implementación, seguimiento y evaluación de las medidas ambientales propuestas para prevenir, mitigar y compensar los impactos ambientales potenciales a generarse por el desarrollo del proyecto. |
| Restauración y cierre de mina | • Identificar las acciones a implementar, describirlas y fijar las metas esperadas que garanticen la restauración de las áreas que fueron afectadas por el desarrollo del proyecto y las del área propuesta a restaurar como medida compensatoria.<br>• Definir las acciones que se tienen que llevar a cabo en los sitios afectados para lograr una restauración y remediación exitosa, tomando como base su funcionalidad ambiental.<br>• Establecer los componentes ambientales y las variables a monitorear, así como los indicadores que ayuden en la toma de decisiones para determinar el grado de recuperación ambiental de las áreas afectadas sometidas a restauración. |
| Atención Social y Desarrollo Económico y Ambiental Comunitario | • Coadyuvar en el desarrollo sustentable regional de las localidades de la zona de influencia del Distrito Minero, en un lugar y hábitat y ecosistemas dignos, con los servicios urbanos mínimos indispensables, donde se pueda brindar calidad de vida familiar a los habitantes de las localidades.<br>• Definir las acciones y programas de apoyo en beneficio para los habitantes de las localidades de la zona de influencia al Distrito Minero, enfocándose en: a) el desarrollo de mayores oportunidades de empleo en el distrito minero o su cadena de proveedores; b) desarrollo de oportunidades de diversificación económica para los pobladores de las zonas de influencia directa, y, c) impulsar el desarrollo de actividades educativas y culturales en las comunidades asentadas en la zona de influencia del proyecto.<br>• Establecer los mecanismos necesarios para insertar las poblaciones inmersas en el sistema ambiental en los beneficios y servicios económicos, ambientales, salud y sociales, a nivel comunitario, que tiene el desarrollo del proyecto para mejorar su calidad de vida. |

| Programa general | Objetivo |
|---|---|
| | • Establecer los medios de comunicación para dar a conocer el proyecto, sus beneficios e implicaciones, en la zona de influencia del Distrito Minero. |

Los programas indicados se proponen con el objetivo de que la integración ambiental del proyecto autorizado se realice bajo términos de referencia que permitan, por una parte, el seguimiento de su cumplimiento y, adicionalmente, medir el desempeño del proyecto con un enfoque integral. Como resultado de la ejecución, seguimiento y análisis, del programa de vigilancia ambiental y sus programas generales, se podrán definir nuevas estrategias que, de ser necesario, mejoren el modelo de vigilancia, si así lo indica el análisis realizado a los indicadores establecidos. Además, con esta propuesta de integrar los programas por factor ambiental permite ver más claramente los resultados obtenidos en la implementación de las medidas ambientales.

El alcance de estos programas estará definido en cada uno de ellos. En la Tabla VI.5 se presenta un resumen de las acciones de cada uno.

*Tabla VI.5. Contenido general de los programas que constituyen el programa de vigilancia ambiental a implementar como parte del proyecto.*

| Programa | Objetivo | Obra / Actividad generadora | Impactos ambientales que agrupa | Principales técnicas | Indicadores de desempeño | Periodicidad del informe |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Gestión de suelo | Objetivo general:<br>• Promover las actividades que garanticen la preservación de la capa edáfica, así como aquellas que prevengan y mitiguen los procesos de degradación del suelo en las áreas libres de afectación del proyecto.<br>Objetivos particulares:<br>• Rescatar, almacenar y reutilizar el suelo de los perfiles orgánico y aluvial con la finalidad de conservar los nutrientes y microorganismos degradadores de la materia orgánica del suelo, previo a la pérdida del suelo por las actividades del proyecto.<br>• Mitigar la pérdida hídrica y eólica del suelo en el área del proyecto.<br>• Dar seguimiento a las medidas ambientales para prevenir y mitigar la degradación química y biológica del suelo por efecto del proyecto.<br>• Definir e implementar los mecanismos de evaluación y seguimiento para determinar la eficiencia de las medidas ambientales implementadas para la prevención, mitigación y compensación de los impactos ambientales a este factor ambiental. | • Despalme y nivelación de las áreas donde se desplantan obras o dispone material residual por habilitar.<br>• Acopio del horizonte orgánico y aluvial (A) del suelo.<br>• Deshierbe y desmonte.<br>• Despalme y nivelación.<br>• Operación de maquinaria y vehículos.<br>• Mantenimiento de maquinaria y quipos.<br>• Manejo de hidrocarburos.<br>• Conformación de las bases de terracería en la apertura y rehabilitación de caminos.<br>• Excavaciones y cimentaciones para la construcción de obras de apoyo, auxiliares, mineras y obras nuevas.<br>• Conformación de planillas para la exploración.<br>• Disposición de material estéril.<br>• Disposición de material estéril (lodos y tepetate) (residuos mineros de proceso no peligrosos). | • Cambio en la conformación topográfica natural del terreno y de patrones de sedimentación de sustratos.<br>• Pérdida de horizontes del suelo en áreas del desplante.<br>• Afectación de las propiedades físicas del suelo (permeabilidad).<br>• Cambio de las propiedades químicas y biológicas del suelo.<br>• Modificación de las cualidades estético−paisajísticas. | • Identificar las áreas por afectar que sean susceptibles para el rescate de suelo, es decir, aquellas que cuenten con horizontes orgánico y/o aluvial que rescatar.<br>• Preparar los sitios de almacenamiento temporal de suelo rescatado.<br>• Definir la metodología para el rescate y transporte de suelo.<br>• Establecer el uso del suelo rescatado.<br>• Identificar las áreas susceptibles de pérdida de suelo hídrica y eólica.<br>• Definir las prácticas a implementar para mitigar la pérdida de suelo según el área y los procesos de degradación de suelo.<br>• Monitorear la composición química de los sedimentos provenientes del agua acumulada en los tajos y de procesos erosivos en los sitios de disposición de residuos mineros. | • Superficie con rescate de suelo con respecto a la superficie total a afectar.<br>• Volumen de suelo rescatado con relación a la superficie total sometida a rescate.<br>• Volumen de suelo reutilizado con respecto al volumen total rescatado.<br>• Área sujeta a procesos de erosión hídrica y eólica respecto a la superficie total de predio.<br>• Área protegida contra procesos de pérdida de suelo con respecto a la superficie sujeta expuesta a procesos erosivos.<br>• Concentración mineral en los sedimentos generados en las de actividades mineras y captados en las presas de sedimentación con base en la norma oficial mexicana NOM-157-SEMARNAT-2009. | Semestral, considerando que es una actividad que se tiene que realizar como parte de la preparación del sitio y los procesos erosivos dependen al régimen de lluvias. |
| Gestión atmosférica | Objetivo general:<br>• Garantizar que la ejecución del proyecto implementará las medidas ambientales para reducir la afectación a la calidad del aire por efectos de la ejecución del proyecto.<br>Objetivo particular:<br>• Prevenir y mitigar la generación y dispersión de partículas contaminantes en el aire.<br>• Regular la intensidad de las emisiones sonoras en las actividades relacionadas con el desarrollo del proyecto.<br>• Definir e implementar los mecanismos de evaluación y seguimiento para determinar la eficiencia de las medidas ambientales implementadas para | • Despalme y nivelación.<br>• Operación de vehículos, maquinaria y equipos automotores.<br>• Mantenimiento de maquinaria y equipos automotores.<br>• Deshierbe y desmonte.<br>• Conformación de obra civil.<br>• Perforaciones y voladuras.<br>• Conformación de bases de terracería.<br>• Excavaciones para cimentaciones, cuneteo y nivelaciones.<br>• Habilitado de acero.<br>• Cargado y acarreo de materiales.<br>• Disposición de material estéril.<br>• Conformación de planillas para la exploración.<br>• Trituración y circuito de molienda.<br>• Actividades de barrenación. | • Alteración de la concentración de partículas sólidas y gases en el aire.<br>• Generación de ondas acústicas fuertes, no deseadas y desagradables para el sentido.<br>• Impacto en la calidad de vida de los vecinos de las obras.<br>• Cambio en el comportamiento de factores climáticos. | • Se realizarán monitoreos para determinar la calidad del aire en un área que agrupe las áreas de los frentes activos del proyecto. Los parámetros de interés a medir son las partículas menores a 10 micras ($PM_{10}$) y partículas menores a 2.5 micras ($PM_{2.5}$).<br>• Se llevará un control de la maquinaria, vehículos y equipos automotores que laboren en el desarrollo del proyecto para controlar el mantenimiento al que se someten y conocer su estado funcional.<br>• Monitorear la calidad del aire de las emisiones provenientes del horno rotatorio de nodulización y de los hornos de secado y reductor.<br>• Número, tiempo de operación, ubicación e intensidad de las emisiones de las ondas sonoras de los agentes generadores de ruido operando. | • El indicador para la calidad del aire está definido por los límites máximos permisibles en la normatividad oficial mexicana aplicable, en este caso la NOM-025-SSA1-2021, para el caso de emisiones de para evaluar la calidad del aire ambiente, con respecto a las partículas suspendidas $PM_{10}$ y $PM_{2.5}$.<br>• El indicador para la emisión de ruido está definido por los límites máximos permisibles de emisión de ruido para vehículos automotores establecidos en la NOM-080-SEMARNAT-1994, los cuales son: 86 dB(A) para vehículos de hasta 3,000 kg de peso bruto; 92 dB(A) para vehículos con un peso bruto mayor de 3,000 kg y menor a 10,000 kg y, 99 dB(A).<br>• Monitoreo de las emisiones provenientes de la chimenea y horno | La medición de las emisiones a la atmósfera será semestral, tomando en cuenta que los automotores, la chimenea y el horno serán requeridos en todas las etapas de desarrollo del proyecto, por lo que se garantiza más el control de su operación.<br>Las mediciones de las emisiones de ondas acústicas se medirán al menos una vez cada semestre para la elaboración del reporte. |

| Programa | Objetivo | Obra / Actividad generadora | Impactos ambientales que agrupa | Principales técnicas | Indicadores de desempeño | Periodicidad del informe |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | la prevención, mitigación y compensación de los impactos ambientales a este factor ambiental. | • Planta de beneficio (nodulización). | | • Se realizarán monitoreos aleatorios en las inmediaciones del predio del proyecto y en los poblados más cercanos para conocer las emisiones e intensidad de ruido que se genera en los sitios de trabajo. | secador para evaluar la calidad del aire en los términos establecidos en la NOM-043-SEMARNAT-1993. | |
| Gestión del agua | Objetivo general:<br>• Establecer e implementar los mecanismos para garantizar la conservación y protección del recurso hídrico, tanto de la hidrología superficial como de la subterránea, derivado de las actividades del proyecto para el beneficio del ecosistema y de las localidades asentadas dentro del sistema ambiental regional.<br>Objetivos particulares:<br>• Evitar la interrupción y recarga de cuerpos de aguas superficiales por el desarrollo del proyecto.<br>• Implementar las medidas ambientales tendientes a evitar la contaminación de los cuerpos de agua superficiales y del manto acuífero, demostrando la eficiencia en la conservación del componente ambiental.<br>• Establecer las medidas eficientes para reducir el consumo de agua sin afectar la funcionalidad, eficiencia y operatividad del proyecto.<br>• Definir e implementar los mecanismos de evaluación y seguimiento para determinar la eficiencia de las medidas ambientales implementadas para la prevención, mitigación y compensación de los impactos ambientales a este factor ambiental. | • Deshierbe y desmonte.<br>• Despalme y nivelación.<br>• Obras de drenaje.<br>• Consumo de agua para la conformación de las subbases hidráulicas del camino de terracería y riego de caminos.<br>• Consumo de agua para la preparación de concreto en obra civil.<br>• Requerimiento de agua para la mitigación de la suspensión de partículas del suelo.<br>• Construcción de obras de drenaje en caminos de acceso y canal de desvío.<br>• Movimientos y disposición de material de excavación.<br>• Movimientos de material de la mina subterránea.<br>• Actividades de barrenación y relleno cementado.<br>• Planta de beneficio (secado, molido y envasado).<br>• Trituración y circuito de molienda.<br>• Riego de caminos de terracería y frentes de trabajo activos.<br>• Actividades administrativas del personal.<br>• Disposición de material estéril.<br>• Disposición de material residual con bajo contenido mineral (lamas, lodos). | • Aprovechamiento del volumen de agua superficial autorizado para su explotación.<br>• Alteración de la composición fisicoquímica y/o bacteriológica en el agua superficial.<br>• Alteración de la composición fisicoquímica y/o bacteriológica en el agua subterránea.<br>• Cambio en los flujos y movimientos de agua superficiales temporales.<br>• Alteración del proceso de infiltración de agua al manto freático.<br>• Impacto en la calidad de vida de los vecinos de las obras. | • Identificar los sitios de corrientes y escorrentías naturales por verse afectados.<br>• Definir los tipos de obras de drenaje por construir y su mantenimiento de acuerdo con las características de los flujos por afectar.<br>• Monitorear la calidad del agua superficial, subterráneas y tratada de las PTAR de la empresa en los sitios y el calendario del monitoreo establecido para el proyecto.<br>• Seleccionar las variables, técnica de muestreo y periodo de monitoreo para evaluar la calidad del agua superficial, aprovechada del manto acuífero y del agua tratada.<br>• Monitorear la demanda de agua e identificar las áreas de oportunidad para reducir su consumo. | • Relación de sitios de flujos superficiales identificados y número de obras de drenaje construidas.<br>• Eficiencia operativa de las obras de drenaje construidas.<br>• NOM-001-SEMARNAT-2021: Establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de agua residuales en aguas y Bienes Nacionales.<br>• NOM-004-SEMARNAT-2002: Protección ambiental.- Lodos y biosólidos.- Especificaciones y límites máximos permisibles de contaminantes para su aprovechamiento y disposición final.<br>• NOM-127-SSA1-2021, Salud ambiental. Agua para uso y consumo humano. Límites permisibles de calidad y tratamiento a que debe someterse el agua para su potabilización.<br>• Volumen de agua consumida por periodo de evaluación.<br>• Evaluación de la huella hídrica del distrito minero. | Anual, tomando en cuenta que la funcionalidad de las obras de drenaje solo se puede evaluar durante la época de lluvias, la huella hídrica debe comprender un ciclo productivo y, aunque el monitoreo de la calidad del agua superficial es trimestral y semestral el del agua residual, su reporte puede realizarse de manera anual. |
| Gestión de residuos | Objetivo general:<br>• Prevenir y mitigar la contaminación ambiental y degradación química y biológica del suelo por la acumulación de residuos sólidos urbanos, de manejo especial, peligrosos y mineros que se generen por el desarrollo del proyecto.<br>Objetivos particulares:<br>• Promover la prevención de la generación, valorización, reciclaje y manejo integral de los residuos | • Operación de vehículos, maquinaria y equipos automotores.<br>• Mantenimiento de maquinaria y equipos automotores.<br>• Construcción y acabado de obras de apoyo, auxiliares y mineras.<br>• Derrames accidentales y fugas de sustancias químicas durante la realización de las actividades mineras.<br>• Derrames accidentales y fugas de hidrocarburos por el abastecimiento y mantenimiento de maquinaria, vehículos y equipos automotores. | • Cambio de las propiedades químicas y biológicas del suelo.<br>• Alteración de la composición fisicoquímica y/o bacteriológica en el agua superficial.<br>• Impacto en la calidad de vida de los vecinos de las obras. | • Diagnósticos de fuentes generadoras.<br>• Definición de estrategias para prevenir la generación de residuos.<br>• Identificación y separación de los residuos generados de acuerdo con el tipo de residuo que se trate.<br>• Establecimiento de procesos para el manejo integral de residuos por fuentes generadoras y tipos de residuos.<br>• Apertura para el registro de información de la bitácora sobre la generación y manejo de residuos. | Perevochtchikova (2013), refirió que el indicador ambiental para la evaluación del impacto de los residuos, tanto de los que denomina como industriales como de los orgánicos, es su producción ($m^3$), así como su reciclaje (proporción del volumen que es generado que es reciclado, %). En este caso el volumen de residuos sólidos se considera que será el indicador principal, sin embargo, no se puede usar el reciclaje como un indicador a evaluar ya que en el predio solo se realizará la separación primaria, siendo en el siguiente paso, fuera del predio, donde se realiza la | Anual, considerando el periodo de presentación de la Cédula de Operación Anual (COA), así como la Licencia Única de Operación (LAU). |

| Programa | Objetivo | Obra / Actividad generadora | Impactos ambientales que agrupa | Principales técnicas | Indicadores de desempeño | Periodicidad del informe |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | peligrosos, de manejo especial y sólidos urbanos que se generen como resultado del desarrollo del proyecto, considerando también enfoques de economía circular conforme lo establecen tanto la normativa federal como estatal en esta materia enfocadas en la valorización de los residuos como fuente de materias primas secundarias.<br>• Establecer las modalidades de manejo integral según el tipo de residuos generados.<br>• Definir esquemas de manejo donde se promueva la responsabilidad de la generación de residuos, su disminución, clasificación y reciclado.<br>• Definir el manejo más adecuado del tepetate, mineral agotado en patio y otros residuos mineros que se generarían durante el proceso de minado para mitigar los impactos ambientales adversos al medio ambiente. | • Sedimentos provenientes de áreas de disposición de material estéril y de material residual con bajo contenido mineral (lamas).<br>• Dispersión de residuos sólidos urbanos generado por el personal de la empresa.<br>• Dispersión de residuos de manejo especial generados por el desarrollo de las actividades mineras. | | • Identificación de oportunidades para incorporación de procesos relacionados con economía circular que permitan transformar residuos en materia prima para procesos productivos. | separación final de los residuos para reciclaje.<br>Bajo esta aclaración, los indicadores para evaluar esta variable son:<br>• Producción: Volumen ($m^3$) o cantidad (kg) de residuos sólidos urbanos generados por tipo con respecto al volumen o cantidad total.<br>• Instalación de kit de contenedores: Relación de frentes de trabajo operando y frentes de trabajo que cuentan con contenedores para la disposición de residuos.<br>• Superficie contaminada por dispersión, derrames y fugas de residuos sólidos urbanos, de manejo especial y peligrosos, o volumen de suelo contaminado rescatado.<br>• El indicador numérico y procedimiento por seguir está determinado por las unidades de superficie afectadas y la producción indicada.<br>• Para evaluar la generación y manejo de los residuos mineros se usan los procedimientos y valores de referencia de la NOM-157-SEMARNAT-2009, que establece los elementos y procedimientos para instrumentar planes de manejo de residuos mineros, como referencia. | |
| Conservación de comunidades vegetales y flora silvestre | Objetivo general:<br>• Prevenir, mitigar, restaurar y compensar las afectaciones y el deterioro de la cobertura vegetal, y sus variables descriptivas, derivado de las actividades del proyecto.<br>Objetivos particulares:<br>• Establecer e implementar las estrategias para evitar el deterioro de la cobertura vegetal a conservar.<br>• Supervisar y documentar los procesos de rescate, manejo y reubicación de los individuos de flora silvestre rescatados y trasplantados.<br>• Definir e implementar los mecanismos de evaluación y seguimiento para determinar la eficiencia de las medidas ambientales implementadas para la prevención, mitigación y compensación de los impactos | • Delimitación de las áreas de obras.<br>• Deshierbe y desmonte de las áreas de obras. | • Cambio en el comportamiento de factores climáticos.<br>• Cambio en la abundancia de individuos de especies de flora silvestre.<br>• Modificación de la superficie y distribución de la cobertura y tipo de vegetación.<br>• Afectación a ejemplares de flora y fauna silvestre de especies en categoría de riesgo y de relevancia ambiental.<br>• Alteración de las áreas de desplazamiento de ejemplares de fauna silvestre.<br>• Reducción de áreas usadas como refugio, alimentación y reproducción de fauna silvestre.<br>• Modificación de las cualidades estético–paisajísticas. | • Recorridos previos en las áreas de desplante de obras o afectación para la identificación de los ejemplares susceptibles a ser rescatados y reubicados.<br>• Instalación y operación de los viveros acondicionado para el mantenimiento de las especies rescatas.<br>• Banqueo individual de las especies identificadas.<br>• Uso de técnicas convencionales a pico y pala.<br>• Traslado de los organismos banqueados al vivero temporal para su manejo hasta la reubicación de los ejemplares rescatados.<br>• Ubicación de sitios para el trasplante de los ejemplares rescatados con sus respectivas condiciones ecológicas de los sitios en donde se instalarán.<br>• Cuidado de los ejemplares reubicados hasta su establecimiento. | • Superficie por afectar por tipo de asociación vegetal presente en el predio.<br>• Especies e individuos por afectar en categoría de riesgo.<br>• Densidad (individuos $ha^{-1}$) y diversidad (número de especies), por asociación vegetal a afectar por el desarrollo del proyecto.<br>• El indicador definido es la supervivencia de individuos trasplantados o su reemplazo, el cual no deberá ser menor al 85%. | Un año después del trasplante, verificando de manera directa el estado que guarda la reubicación. Entre los datos levantados en campo destacan los siguientes: supervivencia (%), crecimiento en altura (cm), crecimiento en diámetro (cm) y estado sanitario (descriptivo). |

| Programa | Objetivo | Obra / Actividad generadora | Impactos ambientales que agrupa | Principales técnicas | Indicadores de desempeño | Periodicidad del informe |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | ambientales a este factor ambiental. | | | | | |
| Protección y conservación de fauna silvestre | Objetivo general:<br>• Establecer las prácticas más adecuadas para la conservación y protección de la fauna silvestre que se pudiera ver afectada por el desarrollo del proyecto.<br>Objetivos particulares:<br>• Establecer las prácticas más adecuadas para el ahuyentamiento de la fauna silvestre de manera temporal del área de influencia del proyecto.<br>• Detallar las técnicas de captura y traslado seguros para cada una de las especies de fauna.<br>• Identificar áreas libres de afectación y con condiciones propicias para la liberación de los individuos rescatados.<br>• Definir e implementar los mecanismos de evaluación y seguimiento para determinar la eficiencia de las medidas ambientales implementadas para la prevención, mitigación y compensación de los impactos ambientales a este factor ambiental. | • Delimitación de las áreas de obras.<br>• Deshierbe y desmonte de las áreas de obras.<br>• Despalme y nivelación.<br>• Operación de maquinaria y vehículos.<br>• Conformación de obra civil.<br>• Actividades de barrenación.<br>• Conformación de planillas para la exploración.<br>• Disposición de material estéril.<br>• Conformación de bases de terracería y conservación de caminos. | • Disminución del número de individuos de las especies de fauna silvestre.<br>• Alteración de las áreas de desplazamiento de ejemplares de fauna silvestre.<br>• Reducción de áreas usadas como refugio, alimentación y reproducción de fauna silvestre.<br>• Afectación a ejemplares de fauna silvestre de especies en categoría de riesgo y relevancia ambiental. | • Identificación de las especies que serán rescatadas y ahuyentadas.<br>• Definición de técnicas de ahuyentamiento, tales como explosiones, o simulaciones de llamados de los depredadores (generalmente aves rapaces), de dolor o agonía de otras aves.<br>• Recorridos por los frentes de trabajo para el rescate de especies que se pudieran encontrar.<br>• Reubicación de especies en casos de captura y liberación en condiciones de acuerdo con su hábitat. | El indicador de éxito del programa de rescate y reubicación de fauna silvestre será la ausencia de individuos en el momento previo a la remoción de la vegetación, nivelación y construcción de la obra civil. Para tal efecto, se continuará con los recorridos en campo para la búsqueda de registros directos e indirectos de la presencia de fauna, tales como huellas, excretas y pelo, así como con actividades de trampeo, en caso de ser necesario, esperando que las tasas de captura y registros sean nulas.<br>• Número de especies e individuos a rescatar y reubicar, totales y en categoría de riesgo. La supervivencia de los individuos rescatados deberá ser ≥ 95%, en caso de que caiga este valor las actividades serán detenidas para analizar los procedimientos. | Durante el desarrollo de las obras y actividades del proyecto se realizará la supervisión y se reportará a la autoridad ambiental con una periodicidad que ésta determine conveniente.<br>Se lleva una bitácora de campo para ir anotando las actividades realizadas para la protección de la fauna silvestre, la cual funciona como base del reporte de actividades realizadas para la protección y conservación de la fauna silvestre. |
| Respuesta a emergencias | Objetivo general:<br>• Brindar los elementos necesarios para prevenir, mitigar y/o compensar las afectaciones que se pueden ocasionar al medio ambiente y a la sociedad, así como el de prevenir los riesgos a los que se exponen los trabajadores, derivado de las actividades que implican la ejecución del proyecto.<br>Objetivos particulares:<br>• Elaborar, difundir e implementar las acciones de atención a las contingencias ambientales, a través de los canales habilitados en la estructura jerárquica, de manera preventiva ante su posible existencia.<br>• Establecer los procedimientos para la prevención y atención de derrames de sustancias químicas, materiales contaminados, incendios, derrumbes, así como de otras contingencias para | Este programa de respuestas no está relacionado a las obras y actividades generadoras de impactos ambientales, sino más bien a eventos que pueden considerarse como eventos de emergencia que se pueden llegar a presentar y poner en riesgo al ambiente y a los trabajadores. Entre estos eventos se puede encontrar los incendios, derrames accidentales de sustancias y residuos peligrosos, derrumbes, inundaciones o sequías extremas, explosiones, caídas en alturas, intoxicación por manejo o inhalación de compuestos tóxicos, entre otros.<br>Algunas de las actividades que pudieran estar relacionas son:<br>• Manejo de hidrocarburos.<br>• Excavaciones / cimentaciones.<br>• Construcción / instalación de infraestructura.<br>• Perforación y voladuras.<br>• Manejo de compuestos riesgosos.<br>• Accidentes con equipos pesados. | • Impacto en la calidad de vida de los vecinos de las obras.<br>• Incremento de riesgos por accidentes. | • Identificación de los principales tipos de emergencias que se pueden presentar, sitios y agentes generadores.<br>• Establecer los mecanismos preventivos de las emergencias identificadas.<br>• Definir e implementar las acciones de respuestas a emergencias.<br>• Definir el equipo y el nivel jerárquico del equipo de atención de respuestas.<br>• Establecer el calendario de capacitación para la prevención y atención a emergencias. | • Número de contingencias ambientales presentes y atendidas, totales y por tipo, al año.<br>• Número de accidentes laborales presentes y atendidos, totales y por tipo al año. | Anual, solo en caso de presentarse un accidente fortuito, como un derrame, infiltraciones, descargas o vertidos de materiales o residuos peligrosos se notificará inmediatamente a la autoridad, cuando se esté en caso indicado en el artículo 129 del Reglamento de la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos. |

| Programa | Objetivo | Obra / Actividad generadora | Impactos ambientales que agrupa | Principales técnicas | Indicadores de desempeño | Periodicidad del informe |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | prevenir y mitigar los impactos ambientales.<br>• Elaborar, difundir e implementar, a través de los canales habilitados en la estructura jerárquica, las acciones para la prevención de accidentes en las áreas de trabajo para salvaguardar la integridad física de los trabajadores operativos y del personal administrativo que laboran en el predio del proyecto. | | | | | |
| Seguridad y educación ambiental | Objetivo general:<br>• Implementar programas de capacitación, entrenamiento y concientización en el personal sobre las obligaciones y responsabilidades inherentes a la protección y conservación ambiental y el entorno que condiciona las circunstancias de vida y salud de las personas y de la sociedad.<br>Objetivo particular:<br>• Definir el programa de capación del personal en temas de seguridad y salud laboral y protección ambiental.<br>• Establecer las estrategias para la implementación, seguimiento y evaluación de las medidas ambientales propuestas para prevenir, mitigar y compensar los impactos ambientales potenciales a generarse por el desarrollo del proyecto. | • Este programa es el resultado de la ejecución del proyecto en general y se propone para plantear, coordinar y supervisar la ejecución de las actividades para la protección y conservación del medio ambiente, así como las medidas tendientes a garantizar la seguridad y salud laboral de los empleados. | • Todos los impactos ambientales y las medidas de seguridad y salud laboral. | • Elaborar el programa de trabajo para la implementación de las medidas ambientales propuestas acorde con el programa de actividades de ejecución del proyecto.<br>• Preparar los formatos de supervisión ambiental que impliquen el registro de la información que permitan evaluar la eficiencia de la implementación de las medidas ambientales.<br>• Identificar los responsables de la implementación de las medidas ambientales.<br>• Preparar el programa de educación ambiental y capacitación a impartir a los trabajadores del proyecto y el material de apoyo necesario.<br>• Establecer los mecanismos de difusión de la responsabilidad y obligación de la empresa ambiental y socialmente ante las autoridades y las comunidades con las que se interactúa. | • Programa de trabajo para la implementación de las medidas ambientales aprobado para su implementación.<br>• Elaboración de los diferentes formatos para el registro de información.<br>• Lista de responsables de la implementación y seguimiento de las medidas ambientales.<br>• Lista de las pláticas de educación ambiental, programa de capacitación y los responsables de su impartición. | Durante el desarrollo de las obras y actividades del proyecto se realizará la supervisión y se reportará a la autoridad ambiental con una periodicidad que ésta determine.<br>Se lleva bitácora para el registro del programa de actividades de capacitación y educación ambiental y en materia de seguridad y salud laboral. Así como el registro de eventualidades en materia de seguridad laboral. |
| Restauración y cierre de mina | Objetivo general:<br>• Identificar las acciones a implementar, describirlas y fijar las metas esperadas que garanticen la restauración de las áreas que fueron afectadas por el desarrollo del proyecto y las del área propuesta a restaurar como medida compensatoria.<br>Objetivos particulares:<br>• Definir las acciones que se tienen que llevar a cabo en los sitios afectados para lograr una restauración exitosa, tomando como base su funcionalidad ambiental.<br>• Establecer las componentes ambientales y las variables a monitorear, así como los | • Acondicionamiento de áreas afectadas / desmantelamiento de infraestructura.<br>• Descompactación del suelo.<br>• Revegetación.<br>• Sellado de mina subterránea.<br>• Acondicionamiento de tajos.<br>• Retiro de residuos.<br>• Restauración de áreas contaminadas. | • Impacto en la calidad de vida de los vecinos de las obras.<br>• Cambio en el comportamiento de factores climáticos.<br>• Obtención de recursos minerales del subsuelo aplicando tecnologías y medidas amigables con el medio ambiente. | Las actividades de restauración se tienen que diferenciar en dos periodos, uno de corto plazo y el otro a largo plazo. Las actividades de corto plazo son las que hay que efectuar en el área de restauración como parte de la medida compensatoria y, las de largo plazo las que hay que llevar a cabo al final de la vida útil del proyecto, en la etapa de abandono.<br>• Definir las actividades de restauración en las 371.5053 ha que se proponen conservar como medida compensatoria por el desarrollo del proyecto.<br><br>Para la etapa de abandono:<br>• Definir los procedimientos para la remoción de la infraestructura a retirar. | • Superficie total restaurada con respecto a la superficie total propuesta y la afectada.<br>• Eficiencia de las medidas ambientales implementadas en la restauración. | El reporte de actividades y resultados obtenidos en el área de restauración de la medida compensatoria sería anual por un periodo de seguimiento de cinco años.<br>Para la etapa de abandono, como este programa se implementa al final de la etapa de operación, la programación de los informes será anual, por un periodo de cinco años, tiempo suficiente para evaluar las medidas implementadas. |

| Programa | Objetivo | Obra / Actividad generadora | Impactos ambientales que agrupa | Principales técnicas | Indicadores de desempeño | Periodicidad del informe |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | indicadores que ayuden en la toma de decisiones para determinar el grado de recuperación ambiental de las áreas afectadas sometidas a restauración. | | | • Identificar las medidas ambientales y los procedimientos para la restauración de las áreas afectadas.<br>• Elaborar el programa de trabajo para efectuar las actividades de la restauración.<br>• Implementar las medidas ambientales. | | |
| Atención social y Desarrollo Económico y Ambiental Comunitario | Objetivo general:<br>• Coadyuvar en el desarrollo sustentable regional de las localidades de la zona de influencia del Distrito Minero, en un lugar y hábitat y ecosistemas dignos, con los servicios urbanos mínimos indispensables, donde se pueda brindar calidad de vida familiar a los habitantes de las localidades.<br>Objetivos particulares:<br>• Definir las acciones y programas de apoyo en beneficio para los habitantes de las localidades de la zona de influencia al Distrito Minero, enfocándose en: a) el desarrollo de mayores oportunidades de empleo en el distrito minero o su cadena de proveedores; b) desarrollo de oportunidades de diversificación económica para los pobladores de las zonas de influencia directa, y, c) impulsar el desarrollo de actividades educativas y culturales en las comunidades asentadas en la zona de influencia del proyecto.<br>• Establecer los mecanismos necesarios para insertar las poblaciones inmersas en el sistema ambiental en los beneficios y servicios económicos, ambientales, salud y sociales, a nivel comunitario, que tiene el desarrollo del proyecto para mejorar su calidad de vida.<br>• Establecer los medios de comunicación para dar a conocer el proyecto, sus beneficios e implicaciones, en la zona de influencia del Distrito Minero. | • Construcción, instalación y acabado de las obras de apoyo, auxiliares, mineras y equipos y obras de apoyo nuevas.<br>• Construcción e instalación de obra civil.<br>• Mano de obra calificada para dirigir obras y actividades.<br>• Actividades para diversificación económica<br>• Apoyos directos a las comunidades de la zona de influencia del Distrito Minero.<br>• Explotación de los tajos y mina subterránea. | • Impacto en la calidad de vida de los vecinos de las obras.<br>• Obtención de recursos minerales del subsuelo aplicando tecnologías y medidas amigables con el medio ambiente.<br>• Ampliación y rehabilitación de las vías de comunicación.<br>• Generación de ofertas de trabajo directos e indirectos.<br>• Incremento de la población económicamente activa externa que demanda bienes, servicios y empleo.<br>• Impulso a la economía local y regional por la derrama económica.<br>• Desarrollo regional comunitario directo por la actividad minera. | • Mediante reuniones de trabajo y jornadas y mecanismos de difusión exponer a la población inmersa en el SAR del proyecto las características e impactos que se tendrían por el desarrollo del proyecto, así como los mecanismos de acercamiento entre los pobladores y la empresa.<br>• Mediante reuniones de trabajo con los habitantes de las localidades y rancherías inmersas dentro del área del complejo minero y entrevistas con las autoridades y líderes sociales de las comunidades definir y acordar la forma de operar los programas de apoyo para las localidades a ejecutar por la empresa.<br>• Mediante reuniones y talleres de trabajo e informativos comunitarios.<br>• Seguirá en operación el Centro de Educación Ambiental (CEA), cuya finalidad es la de ejecutar labores de capacitación a las comunidades, con énfasis en temas de conservación de flora y fauna, servicios ambientales y desarrollo rural sustentable. Como parte de su operación, se seguirán programando actividades de educación ambiental de manera periódica. | • Número de reuniones y talleres de trabajo, entrevista y habitantes asistentes con base a la población total.<br>• Número de pobladores con conocimiento básico del proyecto, sus características e influencia en su vida con respecto a la población total.<br>• Número de localidades y pobladores beneficiados con respecto a los totales inmersos en la zona de influencia del Distrito Minero, ya sea como empleo, servicios de salud, apoyos, actos colectivos o actividades de diversificación educativa, cultural, salud y económica. | Este programa tiene mayor relevancia al inicio del proyecto y conforme vaya avanzando el área de explotación minera, por lo que es más relevante informar el progreso obtenido en la difusión del proyecto entre las comunidades. Una vez logrado los objetivos de difusión del proyecto y garantizada la no afectación a los pobladores por el desarrollo del proyecto, los informes del impacto social del proyecto en las comunidades aledañas se presentarán anualmente o con la periodicidad que la autoridad ambiental determine. |

En el capítulo II de esta MIA-R integral se presentó el conjunto de programas específicos que la empresa implementa como parte de su modelo de gestión ambiental, los cuales engloban el conjunto de actividades, procesos, gestiones y acciones encaminadas al cuidado ambiental. En total, en la Tabla II.5 se mencionan 51 programas específicos que se implementan como parte de su programa de manejo ambiental.

Los programas específicos que se mencionan en la Tabla II.5 se encuentran todos formando parte de los programas generales que conforman el programa de vigilancia ambiental que se propone implementar. En la Tabla VI.6 se presenta la forma en que los 51 programas específicos se insertan dentro de los 10 programas generales del programa de vigilancia ambiental.

Destacan el papel de los programas generales de "Gestión de residuos" y "Seguridad y educación ambiental" por comprender 10 y nueve de los 51 programas específicos, respectivamente. En el caso del programa de gestión de residuos se entiende porque se incluye el manejo general de cada uno de los cuatro tipos de residuos que se generan en el proyecto, así como la gestión que se tiene que hacer de cada uno de ellos y la gestión global de su manejo.

El programa de seguridad y educación ambiental tiene entre sus funciones el dar seguimiento a la implementación de las medidas ambientales propuestas para prevenir, mitigar y compensar laos impacto ambientales potenciales identificados, así como elaborar y presentar los informes respectivos y gestionar el desarrollo del proyecto ante las diversas instancias gubernamentales.

***Tabla VI.6. Relación entre los programas generales que conforman el Programa de Vigilancia Ambiental del proyecto y los programas específicos que se implementan actualmente por parte de la Compañía Minera Autlán.***

| No. | Programa general del PVA | Programa específico |
|---|---|---|
| 1 | Gestión de suelo | Programa de Estabilidad de Taludes |
| 2 | | Programa para Construcción de Terrazas para Estabilización de Depósitos |
| 3 | | Programa de Terraplenes |
| 4 | Gestión atmosférica | Programa de Mantenimiento de Infraestructura, Maquinaria, Equipo y Plantas de Tratamiento |
| 5 | | Programa de Riego de Caminos |
| 6 | | Programa de Mantenimiento de Maquinaria y Equipo |
| 7 | | Programa de Estudios Isocinéticos y de Gases de Combustión |
| 8 | | Programa de Operación de Equipos de Medición en Chimenea y Estación |
| 9 | | Programa de Medición, Obtención, Reporte y Entrega de Información en la Estación de Monitoreo |
| 10 | | Programa de Mantenimiento de Fuentes Fijas (operación, vigilancia de instalaciones y sistemas de control) |
| 11 | Gestión del agua | Programa de Medición, Revisión y Cambio de Medidores |
| 12 | | Programa de Cultura del Agua |
| 13 | | Programa de Reciclaje de Agua |
| 14 | | Programa de Manejo de Agua de Laboreo |

| No. | Programa general del PVA | Programa específico |
|---|---|---|
| 15 | | Programa de Manejo de Agua Pluvial |
| 16 | | Programa de Control de Escorrentías |
| 17 | | Programa de Mantenimiento de Cortinas en Presas |
| 18 | | Programa de Mantenimiento y Vigilancia de Presas |
| 19 | Gestión de residuos | Programa de Orden y Limpieza |
| 20 | | Programa de Espreado en Áreas de Proceso, Embarque y Desembarque de Mineral |
| 21 | | Programa para la Formulación y Presentación de la COA |
| 22 | | Programa de Manejo de Residuos Peligrosos |
| 23 | | Programa de Manejo de Residuos de Manejo Especial |
| 24 | | Programa de Reciclaje de Residuos Sólidos Urbanos |
| 25 | | Programa de Manejo de Residuos Minero-Metalúrgicos |
| 26 | | Establecimiento de Bitácoras en Almacenes Temporales |
| 27 | | Programa de Control, Etiquetado y Manifiestos de E-T-R |
| 28 | | Programa de Reciclaje |
| 29 | Conservación de comunidades vegetales y flora silvestre | Programa de Reforestación |
| 30 | Conservación de comunidades vegetales y flora silvestre / Protección y conservación de fauna silvestre | Programa de Protección de Flora y Fauna |
| 31 | | Programa de Rescate de Especies |
| 32 | Respuesta a emergencias | Programa de Examinación Médica |
| 33 | | Programa de Análisis de Riesgos |
| 34 | | Programa de Análisis de Accidentes |
| 35 | | Programa de Atención y Respuesta a Emergencias |
| 36 | | Programa de Formación de Brigadistas |
| 37 | | Programa de Prestación de Auxilio ante Fenómenos Naturales |
| 38 | Seguridad y educación ambiental | Programa de Pago de Derechos |
| 39 | | Programa de Servicios de Laboratorios Acreditados |
| 40 | | Programa de Señalización |
| 41 | | Programa de Análisis y Reportes a las Instancias Normativas |
| 42 | | Programa de Vigilancia Ambiental Participativa |
| 43 | | Programa de Educación Ambiental |
| 44 | | Programa de Simulacros |
| 45 | | Programa de Inclusión de Áreas que Iniciaron Operaciones Previas a la LGEEPA |
| 46 | | Programa de Comunicación a Instancias y Dependencias de Gobierno |
| 47 | Restauración y cierre de mina | Programa de Restauración de Áreas Fuera de Operación |

| No. | Programa general del PVA | Programa específico |
|---|---|---|
| 48 | | Programa de Cierre de Minas |
| 49 | Atención Social y Desarrollo Económico y Ambiental Comunitario | Programa de Apoyo a Damnificados |
| 50 | | Programas de Disposición de Personal y Maquinaria para Brindar Apoyo ente Fenómenos Meteorológicos, Incendios, Inundaciones, Temblores, etc. |
| 51 | Programa de Vigilancia Ambiental | Programa de Vigilancia Ambiental |

## VI.3. Seguimiento y control

En proyectos de este tipo se requiere del trabajo de un gran equipo de personas especialistas para el desempeño de las diversas actividades que se tienen que llevar a cabo para hacerlos realidad en los términos planteados. El cumplimiento de sus tareas muchas veces lleva a los trabajadores a solo poner atención en el cumplimiento de sus metas y se olvidan o no ponen atención al cumplimiento de objetivos de aplicación general y cumplimiento obligatorio para su conclusión.

Entre estos temas generales, resaltan los temas de seguridad y riesgo en el trabajo, que regula las metodologías para garantizar el desempeño de cada una de las actividades de una forma segura sin que existan riesgos para la integridad física de los trabajadores. Y, por otro lado, está el cumplimiento de la reglamentación ambiental que se tiene que llevar a cabo para prevenir y mitigar los impactos adversos al medio ambiente.

Con la finalidad de vigilar que se cumpla con las medidas ambientales propuestas y las condicionantes establecidas por la autoridad ambiental para el desarrollo del proyecto, es importante que se cuente con un equipo de trabajo conformado por personal capacitado, con conocimiento probado, en el desempeño y supervisión ambiental. Todos los trabajadores están obligados y son los responsables del cumplimiento de las medidas definidas para prevenir y mitigar los impactos ambientales, pero el equipo de supervisión ambiental es el responsable de vigilar que estas se lleven en los términos manifestados, evaluar los resultados obtenidos y de establecer nuevas medidas en caso de que no se estén cumpliendo los objetivos establecidos.

El personal que constituye este equipo de trabajo, que involucra a un responsable seguridad, salud laboral y medio ambiente del proyecto, además de verificar el cumplimiento de las medidas ambientales, debe ser capaz de analizar los resultados obtenido, tomar decisiones en casos de emergencia, definir nuevas estrategias cuando las medidas implementadas no estén dando resultados, transmitir la información a los diferentes equipos de trabajo, elaborar informes y reportes de resultados, entre otros. Este trabajo se debe ver reflejado y servir para el cumplimiento de los siguientes compromisos:

- Comprobar la correcta implementación de las medidas ambientales propuestas y las condicionantes establecidas por la autoridad ambiental.
- Verificar las predicciones de impactos ambientales y detectar la ocurrencia de situaciones ambientales contingentes.
- Verificar la elaboración y difusión del programa de seguridad y educación ambiental a todo el personal que labore en el proyecto desde el inicio de sus actividades, en el que se resalten las obligaciones y responsabilidades del proyecto con las autoridades y de los trabajadores con el proyecto.

- Contar con información veraz respecto de la calidad, oportunidad y efectividad de las medidas ambientales establecidas para el proyecto.
- Elaborar e implementar un plan de acciones y eventualidades que pudieran ocasionar un riesgo social y ambiental, como incendios, inundaciones, temblores, paros laborales prolongados, entre otros.
- Definir planes alternativos de respuesta a emergencias ante un pobre resultado de las medidas ambientales implementadas.
- Verificar el registro, análisis y difusión de los resultados obtenidos sobre el desempeño ambiental del proyecto con la implementación de las medidas ambientales.
- Asegurarse de que el desarrollo del proyecto se ajuste a los estándares ambientales que establece la normatividad ambiental, de seguridad y salud laboral y las regulaciones particulares establecidas por las normas oficiales mexicanas en materia ambiental.
- Apoyar en las visitas de supervisión ambiental que realicen las autoridades ambientales en el ámbito de su competencia, así como aprobar las acciones realizadas para el cumplimiento de las obligaciones a las que haya quedado sujeto el desarrollo del proyecto.

Se espera que, a través del debido cumplimiento de las medidas de prevención, mitigación y compensación de impactos ambientales, el desarrollo del proyecto se enmarque satisfactoriamente dentro de los límites establecidos por las normas oficiales mexicanas de protección ambiental que le son aplicables y en apego a los criterios establecidos en la legislación ambiental.

La supervisión ambiental propuesta se estructura en cinco ejes principales:

a) Vigilar la implementación de las medidas ambientales establecidas para el proyecto y las condicionantes indicadas por la autoridad ambiental en todas las etapas de ejecución.
b) Dar seguimiento y establecer los mecanismos de control de impactos ambientales en todas las etapas de ejecución del proyecto.
c) Verificar regularmente el estado del medio ambiente.
d) Constatar el cumplimiento de los estándares que establece la normatividad ambiental.
e) Elaborar, difundir y presentar los informes de los resultados obtenidos con la implementación de las medidas y condicionantes ambientales.

La atención de cada eje se realizará simultáneamente; para lo cual, el responsable ambiental del proyecto, junto con su grupo técnico de apoyo, realizará visitas regulares a los sitios de actividades.

En el caso de la verificación del estado del medio ambiente, el responsable ambiental del proyecto trabajará coordinadamente con los especialistas encargados de realizar los estudios específicos que integren un monitoreo ambiental. Durante las supervisiones se levantarán bitácoras de campo en las que se recabará la información necesaria para documentar los resultados correspondientes.

Las supervisiones se ajustarán al cumplimiento de los objetivos, y particularidades del programa de vigilancia ambiental, con la finalidad de comprobar la aplicación de las medidas ambientales y condicionantes establecidas para el proyecto.

### VI.3.1. Seguimiento y control de impactos ambientales

El seguimiento y control de los impactos ambientales que se tengan durante el desarrollo del proyecto se registrarán a través de formatos de reporte de incidentes ambientales, el cual será diseñado y aprobado por el equipo de supervisión ambiental. Estos formatos deben incluir la información básica para poderle dar seguimiento a los incidentes y verificar la atención del problema, además, podrán adaptarse para ser usados en cada una de las etapas, con base en el programa de trabajo y avances de las actividades. Una propuesta del formato se incluye en la Figura VI-1.

La información capturada en estos formatos podrá pasar a ser parte de las bitácoras de campo, las cuales serán la base para el análisis de resultados (Figura VI.2).

El seguimiento de los efectos negativos se realizará al mismo tiempo que la supervisión de la aplicación de las medidas ambientales y condicionantes del proyecto, registrando en bitácoras de campo cualquier dato e información que identifique, para cada uno de los impactos potenciales:

a) Si se observa manifestación alguna del efecto.
b) Momento de ocurrencia o manifestación.
c) Localización o extensión del efecto.
d) Duración o persistencia.
e) Causas probables o actividades que dieron origen a la manifestación del impacto.
f) Existencia de fenómenos naturales o causas externas al proyecto para la ocurrencia del impacto.

Los reportes de incidentes ambientales contendrán registros fotográficos de los incidentes identificados y de las condiciones en que se encuentra el factor ambiental afectado al momento de la supervisión, mismos que funcionarán como respaldo de la información registrada en la bitácora ambiental.

| Logo | **Registro de apoyo** | **Código:** |
|---|---|---|
| | Formato de reporte de incidentes ambientales y laborales. | **Versión:** |
| | | **Consecutivo (No.):** |

**Información del incidente**

| **Tipo** | **Área** | **Coordenadas** |
|---|---|---|
| Derrame de aceite hidráulico. | Almacén del taller de mantenimiento de maquinari y vehículos | **X:** |
| | | **Y:** |
| | | **Fecha** |
| | | DD/MES/AÑO |

**Descripción del incidente:**

**Evidencias** (tantas como sea posible para describir el problema)

| | |
|---|---|
| Foto | Foto |
| Foto | Foto |

| Nombre y firma de quien elabora el reporte: | **Fecha** |
|---|---|
| | DD/MES/AÑO |

***VI. Ejemplo de la información básica de un formato de registro de incidentes ambientales durante el desarrollo del proyecto para su seguimiento, control y registro.***

| No.[16.4.1] | Descripción del residuo peligroso[16.4.2 a] | Clave del residuo[16.4.3] | Código de peligrosidad de los residuos (CPR):[16.4.4] C | R | E | T | Te | Th | Tt | I | B | M[16.4.5] | Clave genérica (Tabla No. 2)[16.4.6] | No. CAS:[16.4.7] | Cantidad (Ton/Año)[16.4.8] |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | CARBON SATURADO DE PURADOR DE GASES | | | | | X | | | | | | | SO5 | | 2.00 |
| 2 | SOLIDOS CONTAMINADOS CON METALES PESADOS | | | | | X | | | | | | | SO5 | | 5.00 |
| 3 | MERCURIO DE CONDENSADOR | | | | | X | | | | | | | SO5 | | 2.00 |
| 4 | SOLIDOS CONTAMINADOS CON CIANURO | | | | | X | | | | X | | | SO4 | | 8.00 |
| 5 | ACEITE USADO | | | | | X | | | | | | | O1 | | 100.00 |
| 6 | FILTROS DE ACEITE USADOS | | | | | X | | | | | | | SO2 | | 6.00 |
| 7 | TIERRA CONTAMINADA CON HIDROCARBUROS | | | | | X | | | | | | | O | | 20.00 |
| 8 | SOLIDOS CONTAMINADOS CON HIDROCARBUROS | | | | | X | | | | | | | S02 | | 10.00 |
| 9 | TIERRA CONTAMINADA CON ACIDOS | | X | | | X | | | | | | | C1 | | 5.00 |
| 10 | BATERIAS USADAS (PLOMO-ACIDO Y ALCALINAS) | | | | | X | | | | | | | C1-C2 | | 5.00 |
| 11 | COMBUSTIBLES USADOS | | | | | X | | | | X | | | O | | 10.00 |
| 12 | ENVASES DE AEROSOLES VACIOS | | | | | X | | | | | | | E 5/01 | | 0.50 |
| 13 | LAMPARAS FLOURESCENTES Y VAPOR DE MERCURIO | | | | | X | | | | | | | S05 | | 0.50 |
| 14 | ENVASES Y/O CONTENEDORES VACIOS | | | | | X | | | | | | | C1-C2 | | 1.00 |
| 15 | AGUA CONTAMINADA POR HIDROCARBUROS | | | | | | X | | | | | | O1 | | 2.00 |
| 16 | RESIDUOS NO ANATOMICOS | | | | | X | | | | | X | | B14 | | 0.50 |
| 17 | REACTIVOS QUIMICOS | | X | X | | X | | | | | | | SO4 | | 2.00 |
| 18 | CARTUCHOS DE IMPRESIÓN LASER Y TINTA | | | | | | | X | | | | | SO4 | | 0.30 |
| 19 | GRASA USADA | | | | | X | | | | | | | O1 | | 1.00 |
| 20 | SOLIDOS CONTAMINADOS DE MANTENIMIENTO AUTOMOTRIZ | | | | | | X | | | | | | O1 | | 2.00 |
| 21 | OBJETOS PUNZOCORTANTES | | | | | X | | | | | X | | B12 | | 0.01 |
| 22 | BOLSAS CON SOSA CAUSTICA | | X | | | X | | | | | | | C2 | | 4.00 |
| 23 | MEDICAMENTOS CADUCOS | | | | | X | | | | | X | | SO4 | | 0.10 |
| | | | | | | | | | | | | | | Total[16.4.9] | 186.910000 |
| | | | | | | | | | | | | | Categoría[16.4.10] | GRAN GENERADOR | |



PROYECTO "CAMINO ROJO"

| Nombre del Personal que Ingresa el RP | Nombre del Residuo Peligroso | Cantidad Generada (Ton) | Características de peligrosidad del residuo – Código de peligrosidad de los residuos (CPR). C | R | E | T | Th | Tt | I | B | M | Almacenamiento Temporal: Área o proceso de generación | Fecha de ingreso | Fecha de salida | Transporte: Nombre, denominación o razón social de la empresa que recibe los residuos para transporte y disposición final | Número de autorización del prestador de servicio | Autorización SCT transporte | Disposición final: Nombre o denominación o razón social | Número de autorización |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Efrain Salas | Copelas | 650Kg | | | | X | | | | | | Laboratorio | 08/03/23 | 06/04/2023 | Jugver | 0535PS1370 D-2019 | 0535-PS1370 | Laboratorio | 0535PS11010 |
| Efrain Salas | Solidos contaminados con cianuro | 180Kg | | | | X | | | | | | Planta | 08/03/23 | 06/04/23 | Jugver | 0535 PS1370 D-2019 | 0535 PS1370 D 2019 | Laboratorio | 0535PS11010 |
| Efrain Salas | Solidos contaminados con cianuro | 130Kg | | | | X | | | | | | Laboratorio | 08/03/23 | 06/04/23 | Jugver | 0535 PS1370 D-2019 | 0535PS1327 D 2019 | Laboratorio | 0535PS11010 |
| Efrain Salas | Aceite usado | 240Kg | | | | X | | | | | | Mantenimiento | 15/03/23 | 06/04/23 | Jugver | 0535 PS1370 D-2019 | 0535PS1327 D 2019 | Laboratorio | 0535PS11010 |
| Efrain Salas | Tierra contaminada con hidrocarburo | 126Kg | | | | X | | | | | | Mantenimiento | 15/03/23 | 06/04/23 | Jugver | 0535 PS1370 D-2019 | 0535PS1370 D 2019 | Laboratorio | 0535PS11010 |
| Efrain Salas | Solidos contaminados con cianuro | 145Kg | | | | X | | | | | | Planta | 19/03/23 | 06/04/23 | Jugver | 0535 PS1370 D-2019 | 0535PS1327 D 2019 | Laboratorio | 0535PS11010 |
| Efrain Salas | Solidos contaminados con cianuro | 130Kg | | | | X | | | | | | Laboratorio | 23/03/23 | 06/04/23 | Jugver | 0535PS1370 D-2019 | 0535PS1370 D 2019 | Laboratorio | 0535PS11010 |
| Gloria Morejon | Copelas | 610Kg | | | | X | | | | | | Laboratorio | 23/03/23 | 06/04/23 | Jugver | 0535PS1370 D-2019 | 0535PS1370 D 2019 | Laboratorio | 0535PS11010 |
| Gloria Morejon | Solidos contaminados con cianuro | 170Kg | | | | X | | | | | | Planta | 31/03/23 | 06/04/23 | Jugver | 0535PS1370 D-2019 | 0535PS1370 D 2019 | Laboratorio | 0535PS11010 |
| Efrain Salas | Solidos contaminados con cianuro | 250Kg | | | | X | | | | | | Laboratorio | 31/03/23 | 06/04/23 | Jugver | 0535PS1370 D-2019 | 0535PS1370 D 2019 | Laboratorio | 0535PS11010 |
| Efrain Salas | Envases y/o contenedores vacios | 60Kg | | | | X | | | | | | Mantenimiento | 04/04/23 | 06/04/23 | Jugver | 0535PS1370 D-2019 | 0535PS1370 D 2019 | Laboratorio | 0535PS11010 |
| Efrain Salas | Solidos contaminados con hidrocarburos | 130Kg | | | | X | | | | | | Mantenimiento | 04/04/23 | 06/04/23 | Jugver | 0535PS1370 D-2019 | 0535PS1370 D 2019 | Laboratorio | 0535PS11010 |
| Efrain Salas | Solidos contaminados con cianuro | 400Kg | | | | X | | | | | | Planta | 04/04/23 | 06/04/23 | Jugver | 0535 PS1370 D-2019 | 0535PS1370 D 2019 | Laboratorio | 0535PS11010 |
| Efrain Salas | Solids contaminados con cianuro | 100 Kg | | | | X | | | | | | Laboratorio | 04/04/23 | 06/04/23 | Jugver | 0535PS1370 D-2019 | 0535PS1370 D 2019 | Laboratorio | 0535PS11010 |

Responsable de la bitácora: Gloria Morejon

Responsable del almacén: Gloria Morejon

No.Folio: 1 A



***Figura VI.1. Ejemplo del uso de bitácoras de campo para el registro y control de diversas actividades ambientales durante el desarrollo del proyecto.***

A través de las labores de supervisión y seguimiento, se deberá garantizar que el desarrollo del proyecto y de las diferentes actividades que se realizarán (como parte de los planes ambientales, de las medidas de prevención, mitigación y compensación, y de las condicionantes establecidas por la autoridad), cumplan con las especificaciones y límites establecidos por las normas oficiales mexicanas que les son aplicables; así como aquéllas que sin ser vinculantes hayan sido establecidas como normas de referencia.

La implementación de la supervisión ambiental referida en este apartado deberá documentarse en todas las etapas de ejecución del proyecto.

En caso de presentarse incidencias ambientales, desviaciones de los estándares de calidad ambiental esperados o situaciones contingentes, el equipo de supervisión ambiental preparará un informe que describa la situación para ser informada a la dirección de la empresa, de modo que se determinen las medidas correctivas extraordinarias que se ameriten. De ser el caso, se le notificará a la autoridad ambiental de los resultados obtenidos y de las acciones tomadas para su conocimiento, validación y sugerencias.

## VI.4. Información necesaria para la fijación de montos para fianza

La estimación de los costos para la ejecución de las medidas ambientales se realizó considerando una base anual, sin diferenciar entre etapas de desarrollo del proyecto considerando que se trata de un proyecto en las que en un mismo año se pueden estar ejecutando actividades de las tres primeras etapas. No obstante, es importante mencionar que unas actividades se implementarán como parte de la etapa de preparación del sitio y construcción, como las actividades de rescate y reubicación de flora y fauna silvestre, otros principalmente como parte de la etapa de operación y mantenimiento, y otros que no son exclusivas de alguna etapa, como los monitoreos de la calidad del aire, ambiente sonoro y del agua superficial.

También se incluye un costo estimado para la implementación de las actividades de restauración y cierre del proyecto. Este costo se ejercería como parte de la etapa de abandono del proyecto. El costo de restauración del área establecida como medida de compensación se contabiliza dentro de las actividades de rescate y reubicación de flora.

***Tabla VI.7. Estimación del costo de inversión de medidas ambientales a ejecutar parte del desarrollo del proyecto.***

| Actividades | Costo ($) | Comentario |
|---|---|---|
| Manejo integral de residuos | 1’035,331.80 | El costo de la implementación de este programa incluye la inversión de materiales y equipos, transporte y disposición final de residuos y el salario del personal responsable. |
| Manejo integral del agua | 1’379,867.60 | Es monto incluye un costo estimado anualizado del programa, considerando el tratamiento del metro cúbico de agua, la renta de sanitarios portátiles, el monitoreo de la calidad del agua superficial aprovechada, del agua tratada y del agua de las presas de sedimentación, así como el salario del personal responsable. |
| Rescate y reubicación de flora | 749,174.18 | Contempla equipo para el rescate y manejo de ejemplares, vehículo y el salario anual del responsable y dos ayudantes. |
| Ahuyentamiento, rescate y reubicación de fauna | 650,458.75 | Incluye el costo del equipo de campo y seguridad, un vehículo y el salario anual del responsable y un ayudante. |
| Calidad del aire | 979,680.00 | Monitoreo anual de partículas en el aire y ruido ambiental e implementación de medidas ambientales para su mitigación. |
| Capacitación y concientización ambiental y seguridad y salud laboral | 719,779.94 | Considera el equipo y material para la capacitación y concientización ambiental y sobre seguridad y salud laboral, así como el responsable y apoyo para organización e impartición de capacitación. |

## Referencia

Álvarez-Pugliese, C. E., 2018. Aproximación a la estimación de la huella hídrica minera en el municipio de Suárez (Cauca). Universidad del Valle Facultad de Ciencias Sociales y Económicas. Santiago de Cali, Colombia. En. https://bibliotecadigital.univalle.edu.co/server/api/core/bitstreams/e8e4af39-0dae-40eb-8a35-31b3fa97f857/content. Consultado: Septiembre, 2024.

Ceballos, G. y Oliva, G. (Coords.), 2005. Los mamíferos silvestres de México. Conabio/Fondo de Cultura Económica, México D. F. 988 p.

Cerdà, A., y Jordán, A., 2010. Métodos para la cuantificación de la pérdida de suelo y aguas tras incendios forestales, con especial referencia a las parcelas experimentales. En: https://www.researchgate.net/publication/230683032_Metodos_para_la_cuantificacion_de_la_perdida_de_suelo_y_aguas_tras_incendios_forestales_con_especial_referencia_a_las_parcelas_experimentales. Consutaldo: Marzo, 2025.

Cotler, H., 2020. Manual para evaluar la erosión de los suelos en zonas forestales. Fondo Mexicano para la Conservación de la Naturaleza, México. 37 p.

Cuanalo de la C., H., 1981. Manual para la descripción de perfiles de suelo en el campo. 2ª edición. Colegio de Posgraduados. Chapingo, Edo. de México. 40 p.

FAO, 2020. Soil testing methods – Global Soil Doctors Programme - A farmer-to-farmer training programme. En: https://www.fao.org/3/ca2796en/ca2796en.pdf. Consultado: Marzo, 2022.

Ferro-Díaz, J., 2015. Manual revisado de métodos útiles en el muestreo y análisis de la vegetación. ECOVIDA 5(1): 139 – 186.

Flores-Villela, O., y García-Vázquez, U. O., 2014. Biodiversidad de reptiles en México. Revista Mexicana de Biodiversidad, Supl. 85: S467 – S475.

FMCN, CONAFOR, USAID, y USFS, 2018. Manual para trazar la unidad de muestreo en bosques, selvas, zonas áridas y semiáridas, BIOCOMUNI – Monitoreo Comunitario de la Biodiversidad, una guía para núcleos agrarios, Comisión Nacional Forestal – Fondo Mexicano para la Conservación de la Naturaleza. En: https://fonnor.org/wp-content/uploads/2019/02/3.-Manual-de-Monitoreo-de-Fauna.pdf. Consultado: Marzo, 2022.

Güney, E., y Demirel, N., 2021. Water Footprint Assessment of Carbon in Pulp Gold Processing in Turkey. 27th International Mining Congress and Exhibition of Turkey, IMCET 2022, Antalya, Türkiye. Sustainability 13 (8497): 2 - 16.

Ijäs, A., Kuitunen, M. T., y Jalva., K., 2010. Developing the RIAM method (rapid impact assessment matrix) in the context of impact significance assessment. Environmental Impact Assessment Review 30: 82 – 89.

IUSS Working Group WRB, 2015. Base referencial mundial del recurso suelo 2014, Actualización 2015. Sistema internacional de clasificación de suelos para la nomenclatura de suelos y la creación de leyendas de mapas de suelos. Informes sobre recursos mundiales de suelos 106. FAO, Roma. 205 p.

Muñoz-Pedreros, A., 2004. La evaluación del paisaje: una herramienta de gestión ambiental. Revista Chilena de Historia Natural 77: 139 – 156.

Pastakia, C.M.R., y Jensen, A., 1998. The Rapid Impact Assessment Matrix (RIAM) for EIA. Environment Impact Asses Rev Review 18: 461 – 482.

Perevochtchikova, M., 2013. La evaluación del impacto ambiental y la importancia de los indicadores ambientales. Gestión y Política Pública, XXII (2): 283 – 312.

Ramírez-Pulido, J., Arroyo-Cabrales, J., y Castro-Campillo, A., 2005. Estado actual y relación nomenclatural de los mamíferos terrestres de México. Acta Zool. Mex, 21 (1): 21 - 82.

USDA, 1999. Guía para la evaluación de la calidad y salud del suelo. Washington, D.C. 82 p.

WHO, 1999. Guidelines for community noise. Geneva. En: http://whqlibdoc.who.int/hq/1999/a68672.pdf. Consultado: Diciembre, 2021.

MIA

Manifestación de Impacto Ambiental Modalidad Regional

AUTLAN®

# Capítulo VII.

## Pronósticos ambientales regionales, y en su caso, evaluación de alternativas

SANAT

Soluciones en Gestión Ambiental



Distrito Minero AUTLÁN

# ÍNDICE GENERAL

VII. Pronósticos ambientales regionales, y en su caso, evaluación de alternativas. ....1
VII.1. Descripción y análisis del escenario sin proyecto. ....2
VII.1.1. Medio abiótico....2
VII.1.1.1. Calidad del aire ....2
VII.1.1.2. Suelo ....3
VII.1.1.3. Geomorfología ....4
VII.1.1.4. Hidrología ....4
VII.1.1.4.1. Superficial: Cauces ....4
VII.1.1.4.2. Superficial: calidad ....5
VII.1.1.4.3. Subterránea: acuíferos ....5
VII.1.1.4.4. Subterránea: calidad ....6
VII.1.2. Medio biótico....6
VII.1.2.1. Vegetación ....6
VII.1.2.2. Flora silvestre....7
VII.1.2.3. Fauna silvestre ....8
VII.1.3. Paisaje....9
VII.2. Descripción y análisis del escenario con proyecto ....10
VII.3. Descripción y análisis del escenario considerando las medidas de prevención, mitigación, compensación y/o corrección. ....23
VII.4. Pronóstico ambiental....35
VII.5. Evaluación de alternativas ....37
VII.6. Conclusiones....37

# ÍNDICE DE TABLAS

Tabla VII.1. Escenarios esperados en el polígono del SAR por la construcción de las obras y realización de las actividades que implican la integración y desarrollo del proyecto. ---------- 12

Tabla VII.2. Escenarios esperados con la implementación de las medidas ambientales propuestas para la prevención y mitigación de impactos ambientales potenciales identificados. ---------- 24

Tabla VII.3. Comunidades asentadas en la zona de influencia determinada por la Compañía Minera Autlán. ---------- 36

# MARCO LEGAL

La integración de este capítulo tiene como objetivo el dar cumplimiento a lo dispuesto por el artículo 13, fracción VII, del REIA, el cual establece que las manifestaciones de impacto ambiental, modalidad regional, deberán contener:

***VII. Pronósticos ambientales regionales y, en su caso, evaluación de alternativas.***

De conformidad con lo anterior y con base en la información descrita en los capítulos anteriores, se establece el escenario actual del SAR donde se asienta el proyecto **"Distrito Minero Autlán"**, y se proyectan, predictivamente, dos escenarios de este considerando la inserción del proyecto; uno de ellos, sin aplicar medidas de mitigación, y el otro, con la aplicación de medidas para prevenir, mitigar o compensar los impactos ambientales potenciales del proyecto. Como resultado de dicho análisis, se podrá comprender la dinámica ambiental resultante de cada uno de los escenarios modelados.

La integración de los escenarios ambientales permitirá analizar la forma en como el proyecto ocurre en el SAR delimitado, de manera especial y temporal, de tal forma que se puedan valorar sus alcances en función de los impactos ambientales acumulativos y residuales identificados. Y, por otro lado, se analiza el desempeño ambiental que alcanzará en el tiempo con la aplicación de medidas de prevención, mitigación y compensación ambiental, buscando garantizar el mantenimiento de los procesos ecológicos que definen la integridad funcional de los ecosistemas.

# VII. Pronósticos ambientales regionales, y en su caso, evaluación de alternativas.

Considerando la naturaleza del proyecto, para realizar un pronóstico ambiental es preciso tomar en cuenta su tipo, conformación, ubicación y el desarrollo de las actividades económicas y sociales de la región.

El proyecto que se somete a evaluación en materia de impacto ambiental a través de la presente MIA-R tiene como particularidad que integra actividades de explotación de minerales de manganeso, previamente autorizadas, la ampliación de algunas obras y actividades existentes y obras nuevas. Esta propuesta de nuevo proyecto tiene la finalidad de contar con una sola autorización que comprenda todas la obras y actividades del distrito minero y facilite, tanto a la autoridad ambiental como a la empresa misma, el seguimiento de las obras y actividades autorizadas y el cumplimiento de las medidas ambientales y de los términos y condicionantes establecidas en el oficio resolutivo.

Para el presente análisis, se tomó en consideración que las actividades mineras por llevarse a cabo estarían comprendidas en un polígono general de 10,716.7262 ha, del cual se pretenden conservar como áreas verdes 371.5053 ha, 1,291.3989 ha se destinarían a actividades de explotación minera y 9,425.3273 ha como área de exploración minera (sin traslape). La explotación actual del mineral es una combinación del método de minado a cielo abierto y mina subterránea. El proceso de recuperación del mineral comienza con la trituración del material con contenido de manganeso seguido del proceso de horneado para la obtención de minerales de manganeso.

Conforme se ha expresado en el capítulo II de esta MIA-R, dado que se trata de un proyecto que pretende integrar autorizaciones previas y optimizar la extracción de mineral a través de minado a cielo abierto en combinación con minado subterráneo, en concordancia con la política pública nacional de mitigar los impactos ambientales de la minería a cielo abierto. La explotación mediante minería subterránea prolongará la vida útil de la mina y con ello la obtención de beneficios económicos, sociales, tributarios y productivos, tanto en la zona de influencia directa como indirecta, correspondiente a los municipios del estado de Hidalgo: Tepehuacán de Guerrero, Tlanchinol, Lolotla, Molango de Escamilla, Juárez Hidalgo, Xochicoatlán, Eloxochitlán, Metztitlán y Zacualtipán de Ángeles.

Si no se contase con la resolución para esta MIA-R, no se dispondrá del enfoque integrador de un único programa de vigilancia ambiental que evidencie los resultados obtenidos en la implementación de las medidas ambientales implementadas para garantizar la sustentabilidad ambiental del proyecto.

Para contextualizar las características de los componentes abióticos y bióticos presentes en el SAR, la integración de este proyecto no debe de ser abordada sin antes considerar que se parte del enfoque conceptual de que un sistema suele ser definido como el conjunto de componentes que se interrelacionan e interactúan, de tal manera que la ocurrencia de cambios en un componente puede afectar a otro o bien al conjunto. Además, al tratarse de una manifestación de impacto ambiental, modalidad regional, es necesario considerar los efectos acumulativos y residuales dentro del sistema ambiental regional delimitado. La interacción entre éstos es susceptible de problemas, restricciones y potencialidades por la existencia de diversas variables.

En este marco de referencia, se presenta un análisis de los escenarios que pudieran presentarse en el sistema ambiental regional, en los siguientes contextos: (a) sin la ejecución del proyecto; (b) con la ejecución del proyecto, pero sin la implementación de medidas de prevención, mitigación o compensación de los impactos asociados con su preparación, construcción y operación; y (c) con la ejecución del proyecto y la implementación de medidas que atiendan sus efectos ambientales.

Se espera que, a través de la comparación de los escenarios pronosticados, la autoridad disponga de elementos de juicio suficientes para determinar la pertinencia y viabilidad de la ejecución del proyecto y de las medidas propuestas para minimizar sus efectos en el ambiente.

## VII.1. Descripción y análisis del escenario sin proyecto.

Para contextualizar las características de los componentes abióticos y bióticos presentes en el SAR definido para el proyecto, a continuación, se presenta un resumen de la condición actual, sin el desarrollo del proyecto, pero tomando en cuenta las actividades que actualmente se han venido desarrollando. Este resumen proviene de la descripción realizada en el capítulo IV de esta MIA-R.

### VII.1.1. Medio abiótico

#### VII.1.1.1. Calidad del aire

Previo al inicio de operaciones de la Compañía Minera Autlán, S.A.B. de C.V., en la región se trataba de una región dominada por la presencia de cobertura vegetal y los usos de suelo predominantes eran los destinados a la producción agrícola y pecuaria, principalmente a pequeña escala - para autoconsumo - y algunos sistemas de producción comerciales a baja escala, y las áreas urbanas de los asentamientos humanos presentes en la región. Además, dentro del SAR se tienen dos importantes vías de comunicación, las carreteras federales libre “105 Pachuca – Tempoal de Sánchez” y la carretera estatal “Hidalgo Otongo – Santa Ana de Allende”, la cual conecta las carreteras federales libre 105 y carretera federal “85 Panamericana Ciudad de México – Nuevo Laredo”, entre otros que conforman una importante red de caminos internos, pavimentados y de terracería.

En el SAR no se tiene una gran actividad industrial y lo que ello implica, destacan las actividades ganaderas y agrícolas de baja escala y las actividades comerciales como las principales fuentes de empleo. Esta tendencia cambió con la entrada en operación del proyecto minero, convirtiéndose en un importante cambio social, económico, ambiental y social a nivel regional.

Bajo las condicionantes antes mencionadas, se puede decir que se trata de una región que no contaba con significantes fuentes emisoras de partículas y ondas sonoras al medio ambiente hasta antes de la operación de la Compañía Minera Autlán, el flujo vehicular de las carreteras federal “105 Pachuca – Tempoal de Sánchez” y la estatal “Hidalgo Otongo – Santa Ana de Allende” y las actividades agropecuarias, siendo estas las principales fuentes emisoras de contaminantes al medio ambiente. A pesar de ello, la calidad del aire se consideraba buena, dada la predominancia de la cobertura vegetal en la región.

La entrada en operación de las actividades de la Compañía Minera Autlán se convirtió en una de las principales fuentes emisoras de contaminantes al medio ambiente, pero estas se encuentran limitadas básicamente al predio del Distrito Minero y sin impactos relevantes en otras áreas cercanas, incluyendo las cabeceras municipales de Molango de Escamilla y Lolotla, unos de los centros de población más importantes y cercanos a las áreas del proyecto. La actividad minera se considera una fuente de emisiones al medio ambiente, tanto de partículas y gases, como de emisiones sonoras, principalmente por la operación de vehículos y maquinaria pesadas, así como por las emisiones que generan las plantas de proceso. No obstante, la operación del Distrito Minero no ha implicado que se considere a los municipios que conforman en el SAR como grandes emisores de contaminantes criterio, donde

entre los ocho principales municipios que inciden en el SAR generaron en el 2018 el 4.49% de las emisiones totales del estado.

De esta forma se tiene que, a las emisiones de partículas y gases que generan las actividades de laboreo en las áreas agrícolas, el flujo vehicular en las vías de comunicación y en las localidades, se adicionan las emisiones generadas por la actividad minera del Distrito Minero en sus diferentes áreas y actividades. No obstante, las emisiones de partículas y sonoras en el SAR por la operación del proyecto, no se considera que representen ser un problema de contaminación atmosférica en el SAR ni en el predio del proyecto, conforme los datos proporcionados en el apartado IV.3.1.5.1. de esta MIA-R.

Las mediciones de las emisiones sonoras en el área del proyecto han mostrado que no se tiene un impacto adverso significativo, ya que los valores obtenidos en evaluaciones realizadas muestran que se encuentran por debajo de los valores límite permisibles establecidos en la normatividad oficial mexicana aplicable al caso, tal y como fue mencionado en el apartado IV.3.1.6. de esta MIA-R.

### VII.1.1.2. Suelo

A nivel del SAR se reporta la presencia de 18 unidades edafológicas, donde predominan cuatro grupos de suelos como grupos primario: Leptosol, Luvisol, Feozem y Umbrisol. Estos cuatro grupos de suelos se asocian y componen en suelos secundarios y terciarios; además, existen dos áreas que no logran clasificación edafológica por no aplicar como son los cuerpos de agua y las zonas urbanas.

Como grupos primarios de suelo, los leptosoles es el grupo de suelos que tiene mayor representación con 27,407.36 ha de las 38,998.68 ha del SAR, es decir, el 70.28% del polígono. En segundo lugar, se ubica el grupo de suelo de los luvisoles, presentes en el 21.04% del SAR, seguido por los feozems con el 7.68%. Finalmente, el Umbrisol léptico solo se encuentra presente en 328.87 ha, el 0.84% del área.

Los Leptosoles, el grupo de suelo primarios predominantes en el SAR, son suelos muy delgados sobre roca continua o de materiales no consolidados con menos del 20% (en volumen) de tierra fina, extremadamente ricos en fragmentos gruesos. Este grupo de suelos son un recurso potencial para el pastoreo en temporada húmeda y como terrenos forestales. La erosión es la mayor amenaza en las áreas de Leptosoles, en particular en regiones de montaña en zonas templadas donde la presión del crecimiento de la población (turismo), la sobreexplotación y el aumento de la contaminación del medio ambiente conducen al deterioro de los bosques.

Los suelos Leptosoles identificados se caracterizan por ser de textura media, lo que significa que son suelos arenosos francos, es decir que mantienen un equilibrio en su contenido de arena, arcilla y limo; así como de clase textural arcillosa, que se trata de suelos con más de 35% de arcilla, que tienen mal drenaje, escasa porosidad, duros al secarse, se inundan fácilmente y son menos favorables para el laboreo.

El SAR definido para el proyecto presenta problemas de degradación del suelo en un 32.16% del polígono. De los cuatro tipos de degradación del suelo, solo se tiene la degradación física por compactación en grado ligero, ocasionada por el sobrepastoreo. El área con este tipo de degradación física del suelo se concentra principalmente en la parte central del polígono, en el área de influencia de la Unidad Minera Naopa, además de una pequeña superficie al sureste del SAR.

### VII.1.1.3. Geomorfología

El proyecto y su SAR se ubican en la parte alta de la Sierra Madre Oriental, una región conformada por un sistema de topoformas contrastantes, con cambios altitudinales y cambios de pendientes bruscos en cortas distancias y la nula presencia de grandes planadas.

El área del Distrito Minero se caracteriza por presentar una morfología montañosa, con desniveles abruptos de más de 300 m, una pendiente del terreno que varía de 25 a 28º en la parte superior y disminuye hasta los 10º a la elevación de 850 m.

Considerando la clasificación geomorfométrica propuesta por Hernández et al. (2017), se determinó que las unidades geomorfométricas que predominan en el SAR son: a) energía de relieve 100.1 a 200.0 m $km^{2-1}$ Muy alomado, muy fuertemente diseccionado; b) energía de relieve de 200.1 a 300 Montañoso, en ocasiones alomado, ligeramente diseccionado, y, C) energía de relieve de 300.1 a 400 Montañoso, moderadamente diseccionado (Figura IV.32). No obstante, también es posible identificar algunas pequeñas áreas en las que se tiene una energía de relieve de contorno morfográfico de 50.1 a 100 Muy colinoso y alomado, fuertemente diseccionado y de 400.1 a 500.0 Montañoso, fuertemente diseccionado.

La entrada en operación de las actividades mineras de la Compañía Minera Autlán alteró la conformación geomorfológica de manera puntual y limitada el área del predio del proyecto, conforme a las autorizaciones otorgadas en materia de impacto ambiental. Las obras del proyecto se han habilitado, y se continuarían habilitando, en áreas con unidades geomorfométricas muy alomado, muy fuertemente diseccionado a montañoso, en ocasiones alomado, ligeramente diseccionado. Por lo que, los sitios de disposición de material, como las tepetateras y disposición de residuos mineros con baja concentración de mineral (lamas), no contrasta con la geomorfología de la región.

### VII.1.1.4. Hidrología

#### VII.1.1.4.1. Superficial: cauces

Los cauces presentes en el área del SAR son principalmente de tipo lótico, léntico solo se tiene la laguna Atezca. Este cuerpo de agua se ubica al noroeste de la cabecera municipal de Molango de Escamilla, cubre una superficie aproximada de 27 ha y tiene una profundidad media de 6.4 m. Se alimenta de cinco arroyos intermitentes y tiene una pequeña desembocadura hacia el río Claro. En este cuerpo de agua se practica la pesca recreativa o deportiva de carpa, trucha y bagre.

En el SAR existen diversos cuerpos de aguas superficiales, muchos de ellos arroyos temporales y ríos permanentes, unidos a la cuenca del río Pánuco y sus afluentes, los ríos Claro, Amajac y Moctezuma, estos dos últimos fuera del SAR.

En la parte sur del polígono del SAR, se tienen siete arroyos, todos temporales: Agua Limpia, Huayacupula, El Salto, San Juan (Alambrada), Trozo de Agua, Puente Alto y La Cañada, estos tres últimos aledaños a la localidad de Nonoalco. Además, cerca de la cabecera municipal de Xochicoatlán se encuentra el arroyo Grande, también temporal, y el río Chacalapa, el único de carácter permanente, aunque en la época de secas es de muy bajo caudal.

Al norte de Nonoalco, antes de llegar a la cabecera municipal de Molango de Escamilla, cerca de la localidad de Ixmolinta, de este mismo municipio, se encuentran los arroyos temporales, La Maroma y Molocotlán. Aledaño a la cabecera municipal, se encuentran los ríos permanentes Pilateno y Agua Fría.

La cabecera municipal de Lolotla, en la zona centro del polígono del SAR y que corren en sentido hacia la localidad de Naopa, se encuentran el arroyo Xaltipa y los ríos permanentes Yogu y Xaltetla, que desembocan al río Claro, y el río Huaxcatla.

Al noreste del polígono del SAR, dentro del municipio de Tlanchinol, corre el arroyo Xalpa, el cual recibe agua de otros arroyos de menor cauce, como el arroyo Pesuco, Paguapa. A su salida del SAR, a la altura de la localidad de Tenexco, continua su curso hasta unirse con el río Claro en la localidad de Texopich, municipio de Tepehuacán de Guerrero, fuera del SAR.

El noroeste del SAR tiene el cauce de río Claro, el cuerpo de agua de mayor importancia dentro del SAR, por su carácter permanente y su cauce. Este cuerpo de agua recibe aporte de diversos arroyos temporales, entre ellos La Juda, Cuatencatl, Acuecueyos, Arroyo Seco, Temesa, Achinpesco, Tepaila y Coxolija.

El río Claro sale del polígono del SAR en la zona norte, cerca de la localidad de Cuatitlanapa, del municipio de Lolotla, desemboca en el río Amajac, a la altura de la localidad de Tenexco, y continua su recorrido hasta unirse al río Amajac a la altura de la localidad de Texojol, municipio de Tamazunchale, San Luis Potosí.

La Unidad Minera Naopa es cruzada por dos cuerpos de agua superficiales temporales. Los cauces inician en la parte alta de los cerros del lado sur de la unidad minera, y desembocan en el arroyo Xaltipa (Agua Salada), tributario del río Claro.

#### VII.1.1.4.2. Superficial: calidad

Los sitios de monitoreo de la calidad del agua superficial realizados por la CONAGUA ninguno coincide con la poligonal del SAR, por lo tanto, se tomaron en consideración para caracterizar la calidad del agua superficial los sitios que se ubicaran dentro de un rango de 10 km de los límites del SAR. Bajo esta restricción, se identificaron siete sitios, de los cuales solo uno se ubica en un cuerpo de agua con influencia en el SAR, cuatro de siete se ubican en cauce del río Amajac y uno en el río Metztitlán, sin ninguna interacción con los cauces del SAR.

De acuerdo con los resultados presentados por la CONAGUA, durante el periodo 2012 – 2022, ninguno de los cuatros sitios de muestreo ubicados en el cauce del río Amajac tienen problemas de contaminación de agua, resultando con calidad del agua buena y excelente en cada una de las variables evaluadas. Por otro lado, los sitios de seguimiento ubicados en los cauces de los ríos Chinameca, Metztitlán y Claro resultaron con semáforo amarillo por tener problemas de contaminación con coliformes fecales. Los valores obtenidos en esta variable en los tres sitios están en el rango concentración de coliformes entre 1,000 y 10,000 NMP 100 $ml^{-1}$, lo que la clásica como un agua con contaminación bacteriológica con alteración substancial con respecto a la condición normal.

#### VII.1.1.4.3. Subterránea: acuíferos

El SAR del proyecto se encuentra cubriendo parcialmente superficie de cuatro acuíferos: 1302 Orizatlán, 1305 Atlapexco – Candelaria, 1306 Calabozo y 1314 Metztitlán. El polígono del SAR incide mayormente sobre la superficie del acuífero “1302 Orizatlán”, ubicado de la parte centro – sur del polígono al norte. Al noreste del SAR se tiene

sobreposición con el acuífero "1305 Atlapexco – Candelaria" y, en la parte sur del polígono incide sobre los acuíferos "1306 Calabozo" y "1314 Metztitlán".

El 09 de noviembre de 2023 se publicó en el Diario Oficial de la Federación el acuerdo con la actualización de la disponibilidad media anual de agua subterránea de los 653 acuíferos del país. Los cuatro acuíferos en los que incide parcialmente el SAR del proyecto se encuentran en balance positivo, es decir, se cuenta con disponibilidad de agua en los acuíferos para nuevas concesiones. La disponibilidad media anual de agua de los acuíferos es: a) 1302 Orizatlán 4.195399 $Mm^3$; b) 1305 Atlapexco – Candelaria 7.447469 $Mm^3$; c) 1306 Calabozo 8.071000 $Mm^3$, y, d) 1314 Metztitlán 9.456009 $Mm^3$.

Ninguno de los acuíferos presenta problemas de intrusión salina, salinización de suelos ni tampoco aguas subterráneas salobres.

#### VII.1.1.4.4. Subterránea: calidad

La región donde se ubica el SAR del proyecto no tiene muchos sitios de monitoreo para determinar la calidad del agua subterránea. De hecho, no se encontró ningún sitio de monitoreo dentro de la poligonal del SAR. Los sitios más cercanos se ubican al sur del polígono, uno a 9.70 km de los límites del SAR, y, el segundo a 20.50 km, ambos en el municipio de Metztitlán.

Usando los resultados del monitoreo a la calidad del agua de estos puntos de seguimiento, se encontró que los resultados de los análisis físicos, químicos y bacteriológicos al agua no muestran problemas de contaminación con alguna de las variables físicas, químicas y biológicas de seguimiento. La mayoría de los resultados obtenidos muestran que se trata de agua subterránea de excelente a buena calidad para riego y de calidad excelente como agua potable. Solo los resultados de flúor y dureza muestran valores algo elevados, sin que lleguen a representar un problema para la calidad del agua.

La concentración de fluoruro en uno de los sitios la clasificó como un agua de calidad media y en el otro con calidad baja. Ninguno de los resultados de monitoreo determinó que se tratara de agua con una calidad óptima (concentración mayor o igual a 0.7 y menor de 1.5 mg $L^{-1}$), pero tampoco la clasifica como agua no apta como fuente de abastecimiento de agua potable (concentración de flúor ≥ 1.5 mg $L^{-1}$).

En ambos sitios, los resultados de dureza se clasificaron como agua dura (> de 120 y ≤ a 500 mg $L^{-1}$), pero sin llegar a clasificarse como agua muy dura (> de 500 mg $L^{-1}$), agua no apta como fuente de abastecimiento de agua potable, indeseable para usos industriales y domésticos.

## VII.1.2. Medio biótico

### VII.1.2.1. Vegetación

En el área del SAR se identificó la presencia de 10 diferentes tipos de vegetación clasificada como forestal, cuatro tipos de vegetación se clasifican como vegetación primaria y seis como vegetación secundaria. Entre los 10 diferentes tipos de vegetación cubren 22,084.46 ha, el 56.63% del SAR, 28.89% de la vegetación secundaria y 27.74% de la vegetación primaria.

El uso de suelo de agricultura (agroecosistemas, en general), en sus tres clasificaciones de acuerdo con la disponibilidad y uso de agua y la longevidad de cultivo, comprende el 17.36%. El área que ya no cuenta con cobertura de vegetación forestal dentro del polígono involucra el 42.21% de las 38,998.68 ha del SAR, aquí se incluye, además, la superficie clasificada como área desprovista de vegetación 0.06%, los cuerpos de agua 0.06%, los asentamientos humanos 0.50%, pastizal cultivado 24.04%, así como las mencionadas anteriormente.

Las áreas que no cuentan con cobertura vegetal forestal, ya sea porque se llevó a cabo el cambio de uso del suelo, por estar desprovistas de vegetación o por ser cuerpos de agua suman 16,460.43 ha.

Los tipos de vegetación primarias cubren el 27.74% del polígono del SAR. Entre estas se encuentra el Bosque Mesófilo de Montaña que cubre el 25.63% del SAR, siendo el tipo de vegetación y uso de suelo predominante, seguido del Pastizal Cultivado con su 24.04%. El segundo tipo de vegetación primaria lo ocupa el Bosque de Encino, el cual ocupa apenas el 1.54% del área total de SAR.

Los tipos de vegetación secundaria, incluyendo aquí al Pastizal Inducido, cubren el 30.05% del SAR. De estos tipos de vegetación, la Secundaria Arbustiva de Bosque Mesófilo de Montaña es la que ocupa mayor superficie abarcando el 15.20% del SAR, seguida de la Vegetación Secundaria Arbórea de Selva Alta Perennifolia y de la Vegetación Secundaria Arbórea de Bosque Mesófilo de Montaña, las cuales cubre el 6.99% y 3.72% del SAR.

### VII.1.2.2. Flora silvestre

De acuerdo con los muestreos efectuados para conocer la composición florística de la cobertura vegetal forestal en las áreas de influencia de las unidades mineras y SAR del proyecto, se encontró un listado general conformado por 252 especies. El total de las especies pertenecen a 48 órdenes, 94 y 173 géneros.

Los órdenes Polypodiales y Lamiales son los que agrupan mayor cantidad de familias, siendo 11 en cada uno de ellos. La diferencia entre estos órdenes estriba en que el orden Polypodiales está representado por 31 géneros y 64 especies, agrupando muchas especies representativas del bosque que se desarrollan en climas templados, como mesófilo de montaña, encino y pino; y, el orden Lamiales está conformado por 20 géneros y 24 especies, con especies de selva alta perennifolia de diversas etapas sucesionales. Estos dos órdenes son los que agrupan una mayor diversidad.

En segundo y tercer con el mayor número de familias entre los 48 órdenes, se encuentran el orden Sapindales con cinco familias y siete géneros y mismo número de especies y el orden Rosales con cuatro familias, siete géneros y 10 especies. De los 44 órdenes restantes, seis de ellos agrupan tres familias, mismo número de órdenes con dos familias y 31 una sola familia.

El orden Fabales destaca por estar representado únicamente por la familia Fabacea, comúnmente conocidas como leguminosas, con la característica de estar representado por 15 géneros y mismo número de especies. Las especies identificadas resultan ser representativas de vegetación de selva en diferentes etapas sucesionales.

Las familias Pteridacea y Polypodiaceae, del orden Polypodiales, que agrupan a las especies comúnmente conocidas como helechos, resultaron ser las familias con mayor diversidad. La primera de ellas está conformada por 12 géneros y 18 especies y, la segunda por siete géneros y 17 especies. En tercer lugar, se ubica la familia Fabacea con sus 15 géneros y especies.

El orden Fagales, entre las especies identificadas, está representado por tres familias, cuatro géneros y 14 especies. La familia Fagaceae resultó ser la más diversa con 10 especies de encinos, por lo que, todas pertenecen al género Quercus. Las especies de este orden son las que se encuentran principalmente formando parte de los bosques de encino, encino – pino y pino – encino.

Cuando se habla de bosques mixtos, como el encino – pino y pino – encino, además de encontrar especies Fagales, y más específicamente de las Fagáceas, también se encuentran especies del orden Pinales. En los sitios de muestreo se identificó la presencia de tres especies de este orden pertenecientes a tres familias: Cupressaceae, Pinaceae y Podocarpaceae.

Considerando el hábito de crecimiento de las especies identificadas durante los muestreos en el área del SAR, se encontró mayor predominancia de las especies herbáceas sobre las arbóreas, arbustivas y enredaderas, con 141, 60, 42 y nueves especies, en el orden antes citado.

De las 64 especies del orden Polypodiales, 58 de ellas son herbáceas y las seis restantes arbustivas, así como las ocho orquidáceas del orden Asparagales. Especies a las que se les unen las cinco herbáceas del orden Pteridales, también conocidos como helechos. Esto significa que el 50.35% de las especies herbáceas identificadas son helechos y orquídeas. Las especies de estos órdenes crecen principalmente en tipos de vegetación de climas templados, como mesófilo de montaña, encino, pino y sus asociaciones.

Las 14 especies de Fagales, que agrupa a los encinos, ailes (también ampliamente conocidos como alisos) y el nogal, son especies arbóreas, sin identificar alguna especie con hábito de crecimiento arbustivo o herbáceo en este orden. Estas especies son más comunes de encontrar en los bosques de encino, encino – pino y pino – encino.

Del listado general de las 252 especies de flora silvestre identificadas, solo ocho de ellas se encuentran incluidas en la lista de especies en riesgo de la norma oficial mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010. De estas ocho especies, cuatro se encuentran clasificadas como especies sujetas a protección especial (Pr), tres como especies amenazadas (A) y una en peligro de extinción (P).

Las cuatro especies sujetas a protección especial son: helecho pesma (*Cyathea divergens* Kunze), maíz de monte (*Marattia weinmanniifolia* Liebm.), palmilla (*Podocarpus matudae* Lundell) y el cedro (*Cedrela odorata* L.). Las tres especies clasificadas como amenazas son: a) palma tepejilote coralillo (*Chamaedorea microspadix* Burret); b) la cícada camotillo (*Zamia loddigesii* Miq.) y nogal (*Juglans pyriformis* Liebm.). Y, el helecho gigante maquique (*Alsophila firma* (Baker) D.S.Conant) es la única especie identificada que se encuentra clasificada en peligro de extinción.

### VII.1.2.3. Fauna silvestre

El trabajo de campo realizado para caracterizar la diversidad de fauna silvestre en el polígono del SAR dio como resultado un listado general de 149 especies agrupando todas las taxas observadas directa e indirectamente más las obtenidas mediante entrevistas. No obstante, de este gran total, las aves tuvieron la mayor diversidad de entre las cuatro clases con 123 especies. Muy abajo estuvieron los mamíferos con 17 especies, los anfibios con seis y, por último, los reptiles con solo tres especies.

Las seis especies de anfibios estuvieron agrupadas en cuatro géneros y tres familias, todas pertenecientes al orden Anura. La familia bufonidae (sapos) fue la más diversa, agrupando a la mitad de los anfibios, con tres especies y dos

géneros. La familia ranidae tuvo dos especies, ambas pertenecientes al género *Lithobates*, y la familia Eleuthrodactylidae tuvo una especie; ambas familias agrupan a especies de ranas.

Las tres especies de reptiles identificadas pertenecen a dos géneros y mismo número de familias, ambas del orden Squamata. De las especies, una es la culebra de agua del género *Thamnophis*, y dos lagartijas del género *Sceloporus*.

La clase Mammalia agrupa a seis órdenes, 12 familias, 15 géneros y 17 especies. El género Sciurus fue el único que tuvo más de una especie, en este caso fueron tres especies de ardillas. El orden Carnivora estuvo integrado por cinco familias y ocho géneros y especies. Los órdenes Rodentia y Artiodactyla tuvieron dos familias en ambos casos, solo que el primero agrupa cuatro especies y el segundo solo dos. Por último, los órdenes Cingulata, Didelphimorphia y Lagomorpha solo tuvieron una familia, género y especie, en cada caso.

Las 123 especies de aves se agrupan en 14 órdenes, 31 familias y 85 géneros. El orden Passeriforme tuvo 17 familias, el orden Galliforme dos y los restantes 12 órdenes solo tuvieron una sola familia. Las familias Parulidae y Tyrannidae, del orden Passeriformes, fueron las más diversas con 16 especies cada una, con la diferencia que la primera está presente con ocho géneros y la segunda con 10. A estas familias les siguió la familia Cardinalidae, también del orden, Passeriformes, con 10 especies y cinco géneros. Por el contrario, 11 familias tuvieron una sola especie y cinco dos especies, el resto de las 12 familias tuvieron entre tres y nueve especies.

Del listado general de las 149 especies de fauna silvestre identificadas, solo 16 de ellas se encuentran incluidas en la lista de especies en riesgo de la norma oficial mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010. De estas 16 especies, seis se encuentran clasificadas como especies sujetas a protección especial (Pr), siete como especies amenazadas (A) y tres en peligro de extinción (P).

De las seis especies de anfibios, solo la rana leopardo (*Lithobates berlandieri*) se encuentra clasificada como especie sujeta a protección especial. En el caso de los reptiles, dos de las especies observadas se encuentran en la lista de NOM-059-SEMARNAT-2010, la culebra de agua (*Thamnophis eques*) como especie amenazada y la lagartija escamosa del mezquite (*Sceloporus grammicus*) como sujeta a protección especial.

En el grupo de los mamíferos se identificaron tres especies de la lista general de 17 especies de mamíferos. Los tres mamíferos en categoría son el yaguarundi (*Herpailurus yagouaroundi*) se clasifica como especie amenazada, y el tigrillo (*Leopardus wiedii*) y el viejo de monte (*Eira barbara*) como especies en peligro de extinción.

En el caso de las aves, al ser la clase con mayor diversidad dentro de las especies de fauna silvestre determinada, también existe un mayor número de especies en categoría de riesgo, con 10 de las 16 especies bajo esta categoría. De las 10 especies de aves en la lista de la NOM-059-SEMARNAT-2010, cinco de ellas se clasifican como especies amenazadas, cuatro como especies sujetas a protección especial y una en peligro de extinción.

### VII.1.3. Paisaje

La serranía con sus bruscos cambios de relieve que predomina en el área del SAR, la gran altura de su dosel forestal y las áreas destinadas a la producción agropecuaria son los aspectos ambientales que le dan impacto visual dominante a las unidades de paisaje predominantes en la región. Estas unidades paisajísticas a veces se ven interrumpidas por la presencia de vías de comunicación, con diferente nivel tecnológico, líneas de distribución y transmisión de energía y zonas urbanas (habitacionales).

El paisaje a nivel del distrito minero compartía características con el del SAR, al estar ubicado inmerso en la parte central de la serranía del SAR. Previo al inicio de actividades de explotación minera, el predio mantenía características intrínsecas del sitio, las del entorno inmediato y el fondo escénico, la calidad visual en el distrito se consideraba alta.

Las modificaciones al paisaje ocasionadas por las obras y actividades del proyecto se suman a las modificaciones antrópicas poco armoniosas, pero de accesibilidad visual más limitada, que ya existían. Sin embargo, la vistas abiertas y panorámicas que antes prevalecían ahora han venido a alterarse por la formación de la infraestructura operativa del proyecto.

Las actividades mineras han generado impactos en el medio ambiente, mismos que fueron evaluados junto con las medidas ambientales que se propusieron y condicionaron en las autorizaciones que se han otorgado, las cuales se han venido llevando a cabo conforme lo indicado en los términos y condicionantes establecidos por las autoridades ambientales. Los impactos ambientales están más focalizados en el área de operación de la mina, permitiendo que áreas aledañas mantengan su función ambiental.

De no desarrollarse el proyecto, implicaría que la vegetación de áreas diferentes a la del distrito minero se vean sometidas al cambio de uso de suelo para el desarrollo de actividades agropecuarias, ya que los propietarios no tendrían otra mejor alternativa al finalizar las actividades mineras para compensar una pérdida de ingreso económico de carácter formal y, por tanto, que proporciona las prestaciones legales, así como compensaciones adicionales acordadas entre empleados y empleador.

Por tanto, de darse cambios de uso de suelo ocasionados por un incremento en la producción agropecuaria, ello implicaría la remoción de la vegetación probablemente sin la implementación de medidas ambientales, alterando a otros factores ambientales directamente, como sería la fauna silvestre, el suelo y el agua y, en general, el ecosistema.

Si bien, el desarrollo del proyecto que se somete a evaluación en los términos aquí plateados implica la generación potencial de impactos ambientales, estos se ven prevenidos, mitigados y compensados por las obligaciones y compromisos que tiene la empresa promovente, lo cual ha quedado de manifiesto durante el tiempo que tiene en operación el proyecto autorizado. De no realizarse, se tendrían afectaciones al medio ambiente sin la implementación de las medidas ambientales que garantizaran la protección ambiental de los ecosistemas en la región.

## VII.2. Descripción y análisis del escenario con proyecto

El Distrito Minero, con las áreas que se incorporan a través de la presente manifestación, queda comprendido en una superficie de 10,716.7262 ha. Esta superficie involucra el desarrollo de todas las obras y actividades del proyecto que se somete al procedimiento de evaluación, lo que se considera la huella del proyecto. Sin embargo, la superficie de ocupación de obras y explotación minera será de 1,291.3989 ha, incluyendo 371.5053 ha de áreas verdes. Las restantes 9,425.3273 ha serían sometidas a actividades de exploración minera para evaluar el potencial minero y determinar la viabilidad de continuar con la explotación de manganeso en la región.

Cabe reiterar que las obras nuevas se ubicarán en su totalidad dentro de las áreas concesionadas a la Compañía Minera Autlán y se integran dentro del distrito minero, solo se adicionarán áreas nuevas para la realización de obras y actividades como actualización a la superficie que se ha venido trabajando.

Se aclara que las áreas de interés para exploración quedan inmersas dentro de las áreas concesionadas y se realizarán en áreas que no cuenten con cobertura vegetal forestal. En este respecto, se solicita el cambio de uso de suelo en 37.959 ha que corresponden al desarrollo de la tepetatera Guadalupe, correspondiendo a cobertura vegetal forestal representada por Bosque Mesófilo de Montaña.

Llevar a cabo las obras y actividades planteadas implica incrementar el flujo vehicular, operación de maquinaria pesada y de equipos automotores auxiliares en el SAR, teniendo como consecuencia un mayor movimiento en la zona que, entre otras cosas, dado el ruido, las emisiones al medio ambiente y el movimiento mismo del personal, ahuyentaría a la fauna silvestre.

En la Tabla VII.1 se exponen el escenario esperado por la construcción de las obras y el desarrollo de las actividades que se tendrían que realizar para concebir el proyecto en los términos descritos en el capítulo II de esta MIA-R.

***Tabla VII.1. Escenarios esperados en el polígono del SAR por la construcción de las obras y realización de las actividades que implican la integración y desarrollo del proyecto.***

| Etapa | Factor ambiental | Actividades | Escenarios: posibles y probables |
|---|---|---|---|
| Cambio en la conformación topográfica natural del terreno y de patrones de sedimentación de sustratos | Fisiografía / Relieve | • Despalme y nivelación de las áreas donde se desplantan obras o dispone material residual por habilitar.<br>• Acopio del horizonte orgánico y aluvial (A) del suelo.<br>• Conformación de las bases de terracería en la apertura y rehabilitación de caminos y línea de distribución de energía.<br>• Excavaciones y cimentaciones para la construcción de obras de apoyo, auxiliares, mineras y obras nuevas.<br>• Conformación de planillas para la exploración.<br>• Barrenaciones y voladuras para la explotación minera.<br>• Conformación de tepetateras.<br>• Disposición de material estéril mineral (lodos y tepetate). | Previo al desplante de las obras, construcción de nuevas vías de acceso, habilitación de áreas para la explotación, conformación de planillas de barrenación, depósito de tepetate y otros residuos mineros, una vez delimitadas las áreas de desplante, se recuperarán los horizontes superficiales del suelo. Esto implicaría modificar la pendiente de la superficie en las áreas de afectación para la construcción e instalación de la infraestructura planeada. La recuperación solo sería en las áreas que por conformación del relieve se requiera dar una nivelación para tener una pendiente uniforme.<br>En las etapas de construcción y operación y mantenimiento del proyecto se genera un cambio fuerte en las características geomorfológicas del lugar al generar formas del terreno negativas (destructivas) y positivas (constructivas o acumuladas) que alterarán la configuración topográfica del lugar con un alto contraste en relieve y pendiente con el entorno natural, lo que representa un impacto de alta intensidad, permanente e irreversible.<br>La más significativa de las geoformas negativas (destructivas) generadas lo constituye la conformación de las oquedades formadas por los tajos, al formar depresiones de que cubrirán 47.0117 ha y 45.036 ha en áreas de las unidades mineras Molango y Naopa, respectivamente, las cuales se generan por las actividades de voladuras y extracción de material que se transportado hacia una tepetatera o hacia el área de trituración y planta de beneficio, según el contenido mineral.<br>En la categoría de geoformas antropogénicas positivas (constructivas o acumulativas), las más significativas son el apilamiento de material estéril de tepetate y lodos (residuos de bajo contenido mineral), sumando un área total entre estos dos componentes de 240.8091 ha.<br>Las tepetateras y su ampliación constituyen un montículo formado por el apilamiento de material rocoso de desecho, abarcando una superficie de 29.5774 ha en la Unidad Minera Molango, 176.1711 ha en la Unidad Minera Naopa y 4.3494 ha en la Unidad Minera Nonoalco, donde se suman 30.7112 ha de disposición de material estéril (lodos y tepetate). |
| Alteración de la estabilidad geomorfológica del terreno | Fisiografía / Estabilidad geomorfológica | • Barrenación y voladuras.<br>• Excavaciones.<br>• Conformación de las bases de terracería en la apertura y rehabilitación de caminos.<br>• Obras de drenaje (B). | El proyecto aprovecha progresivamente la acumulación del mineral de interés del yacimiento mineral hasta que la cantidad de las concentraciones que permitan técnica y/o económicamente la operación no sean suficientes. La extracción de este mineral se realiza en tajos, mediante explotación minera a cielo abierto, y en la mina subterránea, con el método corte y relleno, una vez agotados estos yacimientos en explotación se evalúa la conveniencia económica, social y |

| Etapa | Factor ambiental | Actividades | Escenarios: posibles y probables |
|---|---|---|---|
| | | | ambiental de la explotación de nuevos yacimientos identificados durante la exploración. En ambos casos se forman, construyen y operan en forma estable para garantizar seguridad, tanto de las obras como del personal, requiere también el movimiento de material que no cuenta con concentraciones de minerales económicos (de desecho), el cual es depositado en las tepetateras con un patrón de acumulación y formación del depósito que garantiza la estabilidad del terreno, esto en el caso de los tajos. De esta forma, se va formando paulatinamente un nuevo relieve conforme se va explotando el recurso natural no renovable, lo que representa un impacto negativo de magnitud moderada.<br>Para la extracción del mineral y del tepetate se realizan voladuras con explosivos para fracturar y liberar el material, posibilitando su acarreo a donde corresponda. Esto puede afectar también al sustrato rocoso no extraído y que permanece, o permanecerá al cese de operaciones, en las zonas que bordean a la pared del tajo, principalmente por generación de fracturas y/o la ampliación de las ya existentes, por lo que puede disminuir la estabilidad del estrato rocoso significando, al cese de operaciones, un impacto de intensidad moderada, permanente, irreversible y puntual. |
| Pérdida / conformación de horizontes del suelo en áreas del desplante | Suelo / Pérdida de suelo. | • Acopio del horizonte orgánico y aluvial (A) del suelo.<br>• Deshierbe y desmonte.<br>• Despalme y nivelación.<br>• Conformación de planillas. | Previo al desplante de las obras, una vez delimitadas y desmontadas las áreas de desplante de obras y actividades, se recuperarán los horizontes superficiales del suelo. Las capas de suelos, o espesor del perfil del suelo a recuperar, dependerán de las características físicas y químicas que se observen en el perfil, enfocándose a recolectar el suelo que se vea con características propias para ser reusado en otras áreas del proyecto minero. |
| Afectación de las propiedades físicas del suelo | Suelo / Afectación de las propiedades físicas | • Despalme y nivelación.<br>• Operación de maquinaria y vehículos.<br>• Acopio del horizonte orgánico y aluvial (A) del suelo.<br>• Conformación de planillas.<br>• Actividades de barrenación.<br>• Disposición de material estéril.<br>• Disposición de material con bajo contenido mineral (lamas). | El movimiento de vehículos y maquinaria para el traslado de personal, actividades de preparación del sitio que requieran el uso de maquinaria, como recuperación y traslado de suelo orgánico, nivelación y retiro de troncones grueso con raíces profundas, ocasionarían alteraciones en la estructura de los horizontes superficiales del suelo, como en su densidad aparente, porosidad y permeabilidad, en las áreas de rodamiento.<br>En la etapa de operación y mantenimiento del proyecto, las alteraciones a las propiedades físicas del suelo son, las de mayor impacto, en las áreas de conformación de planillas de barrenación, tepetatera, sitio de disposición de material de bajo contenido mineral, patios de recepción (vaciaderos), así como las actividades de la maquinaría y vehículos que se tienen que realizar alrededor de estas áreas para el depósito del material correspondiente. |
| Cambio de las propiedades químicas y biológicas del suelo | Suelo / Contaminación por residuos | • Operación de maquinaria y vehículos.<br>• Mantenimiento de maquinaria y equipos.<br>• Manejo de hidrocarburos. | La degradación química y biológica del suelo puede estar dada por diversas causas, como la pérdida de nutrientes y materia orgánica, salinización, acidificación, contaminación, entre otras. |

| Etapa | Factor ambiental | Actividades | Escenarios: posibles y probables |
|---|---|---|---|
| | | • Conformación de las bases de terracería.<br>• Construcción e instalación de infraestructura.<br>• Construcción de obras de drenaje.<br>• Construcción, habilitación y reforzamiento de obras subterráneas.<br>• Construcción de obras de servicio, auxiliares, mineras y nuevas.<br>• Mantenimiento de obra civil (pedacerías de vidrio, losetas, plafones, cortes de aluminio, entre otros).<br>• Clausura de barrenos.<br>• Derrames accidentales y fugas de sustancias químicas de la planta de beneficio (silos, tanques de almacenamiento de sustancias, tuberías).<br>• Derrames accidentales y fugas de hidrocarburos por el abastecimiento y mantenimiento de maquinaria, vehículos y equipos automotores.<br>• Dispersión de residuos sólidos urbanos generado por el personal de la empresa.<br>• Dispersión de residuos de manejo especial generados por el desarrollo de las actividades mineras. | En la etapa de preparación del sitio del proyecto, la degradación química puede estar dada por la dispersión de residuos en las áreas en las que se incide y aledañas a estas dentro del predio. El mal manejo en su recolección, almacenaje temporal y transporte podría ocasionar que se dispersen y derramen en el predio convirtiéndose en un problema de contaminación ambiental y, por lo tanto, en alteración de las propiedades químicas del suelo.<br>En etapa de construcción, los diferentes procesos constructivos generan residuos, siendo los de tipo de manejo especial los de mayor cantidad, producto de los cortes de fierro, madera, aluminio y materiales de construcción (blocks, tabiques, ladrillos, mezcla residual y de pruebas de revenimiento), principalmente.<br>Resalta la generación de residuos peligrosos, por su efecto en el medio ambiente, salud de los trabajadores y el cuidado de su manejo, tales como suelo, arena y grava impregnados con hidrocarburos u otras sustancias clasificadas como sustancias peligrosas (pintura, aceite quemado, estopas impregnadas con hidrocarburos, anticongelante), filtros, recipientes, empaques y materiales que hayan sido usados en el manejo de sustancias peligrosas.<br>Por otro lado, los trabajadores generarían residuos sólidos urbanos por el consumo de alimentos, golosinas y bebidas refrescantes que normalmente tiene lugar en este tipo de trabajos. En este rubro sobresale la gran cantidad de envases de PET y aluminio de las bebidas refrescantes y electrolitos y los envoltorios de golosinas que se consumen en la obra.<br>Y, en la etapa de operación y mantenimiento las principales fuentes generadoras de degradación del suelo están relacionadas con el manejo de sustancias y residuos peligrosos, principalmente generados en los talleres de mantenimiento de vehículos y maquinaria operativa. Debido al tipo de mineral que se explota y su proceso para la obtención de los compuestos derivados, no se requiere el uso de sustancias químicas peligrosas ni la habilitación de patios de lixiviación. |
| Alteración de la concentración de partículas sólidas y gases en el aire | Aire / Calidad | • Despalme y nivelación.<br>• Operación de vehículos, maquinaria y equipos automotores.<br>• Conformación de bases de terracería.<br>• Excavaciones para cimentaciones, zanjeo y nivelaciones.<br>• Relleno de zanjas, compactación y conformación de bases.<br>• Transporte material para la construcción.<br>• Conformación de obra civil.<br>• Perforaciones y voladuras. | La operación de equipos automotores en sitios con suelos con bajo contenido de humedad podrá generar suspensión de pequeñas partículas sólidas del suelo, problema que se incrementa cuando existe viento y baja humedad relativa que ayuda a su dispersión hacia áreas aledañas.<br>Los vehículos, maquinaria y equipos automotores con motores de combustión interna producen, la mayoría de ellos, tres tipos de emisiones de gases contaminantes que van directo a la atmósfera: a) emisiones evaporativas, b) emisiones por tubo de escape y, c) emisiones de partículas por el desgaste de componentes.<br>Las emisiones evaporativas son principalmente de hidrocarburos y se tienen con los vehículos automotores en reposo con el motor caliente, de combustible en circulación y durante la recarga de combustible. Y, por otro lado, las emisiones del |

| Etapa | Factor ambiental | Actividades | Escenarios: posibles y probables |
|---|---|---|---|
| | | • Cargado y acarreo de materiales.<br>• Disposición de material estéril.<br>• Disposición de material con bajo contenido mineral (lamas).<br>• Acarreo de material mineral.<br>• Trituración y circuito de molienda.<br>• Emisiones del horno.<br>• Mantenimiento de caminos. | tubo de escape se producen por la quema del combustible, conteniendo los contaminantes: monóxido de carbono (CO), dióxido de carbono (CO2), óxidos de nitrógeno (NOX), hidrocarburos no quemados (HC), partículas sólidas, entre otros de menor concentración. Estas emisiones dependen del tipo de vehículo, su tecnología y su sistema de control de emisiones, donde vehículos y maquinaria pesada de modelos recientes cuentan con tecnología más avanzada para la reducción de emisiones contaminantes. El mantenimiento que se dé a los vehículos automotores y factores operativos, como la velocidad de operación, la frecuencia e intensidad de las aceleraciones y las características de los combustibles determinan la concentración de los contaminantes en las emisiones de los tubos de escape.<br>El horno de la planta de proceso utiliza gas natural, el cual genera menores emisiones de contaminantes que el gas LP. Los gases que extrae el motor pasan por un colector de polvos con 10 compartimientos, cada uno con 180 bolsas (1,800 bolsas en total). Cada bolsa tiene una vida útil de 3 a 4 años; al final de su vida útil se manejan como residuo de manejo especial.<br>El horno de la planta concentradora opera cuenta con un quemador con serpentín que optimiza el consumo de combustible (diésel). Las emisiones que se generan durante su operación se dirigen a un colector de polvos y gases. Su chimenea cuenta con puntos de muestreo y la calidad de los gases se monitorea con un termopack.<br>El monitoreo de las emisiones generadas en el Distrito Minero muestra que no existe impacto por las emisiones emitidas en la operación del proyecto en los sitios aledaños. Los niveles de los contaminantes se encuentran por debajo de los niveles máximos permitidos de las normas oficiales mexicanas aplicables al respecto. |
| Generación de ondas acústicas fuertes, no deseadas y desagradables para el sentido | Aire / Confort sonoro | • Operación de vehículos, maquinaria y equipos para la preparación del sitio y traslado de personal.<br>• Transporte de material para la construcción.<br>• Habilitado de acero.<br>• Conformación de obra civil.<br>• Uso de maquinaria, vehículos y equipos automotores.<br>• Barrenaciones y voladuras.<br>• Actividades de barrenación.<br>• Cargado, transporte y disposición de materiales.<br>• Trituración y circuito de molienda. | La operación de los vehículos automotores y de la maquinaria en cada una de las etapas de ejecución del proyecto emitirán una intensidad de ruido que va de los 70 a 90 dB(A) para los vehículos, y de entre 78 y 107 dB(A) para la maquinaria que operaría en las actividades de remoción de vegetación, recuperación de suelo, acarreo de material y sustancias, depósito de residuos mineros, traslado de personal, entre otros.<br>En la etapa de operación se tiene una emisión constante de ruido que podría ser percibida en la comunidad y zonas aledañas, aunque en niveles inferiores a los límites de la NOM-081-SEMARNAT-1994.<br>Monitoreos realizados a los camiones de carga y a las excavadoras usadas en la extracción de mineral han arrojado valores de emisión de ruido de 94.1 y 92.6 dB(A), respectivamente.<br>Un estudio realizado al Distrito Minero como fuente fija dio como resultado que las emisiones durante el día rondan los 51.87 dB(A), estando dentro del límite |

| Etapa | Factor ambiental | Actividades | Escenarios: posibles y probables |
|---|---|---|---|
| | | • Conservación de caminos. | máximo permisible de 68 dB(A) diurno para zonas industriales. Mientras que, en el horario nocturno no se emiten emisiones sonoras, por lo que, no hay incidencia del proyecto en el ruido en la región.<br>Los niveles de ruido y vibración asociados a las voladuras se encuentran dentro de los límites permisibles para todos los receptores. Estas emisiones no son constantes al ocurrir solamente cuando se desarrollen voladuras, lo cual será máximo cuatro veces por semana.<br>No obstante, el nivel sonoro que se genere en el área del proyecto tendría la intensidad suficiente para alterar el comportamiento de la fauna silvestre. Estudios realizados han detectado que el ruido generado por el transporte provoca cambios conductuales en las aves según la intensidad que alcance: cambio en la frecuencia de vocalizaciones al llegar a los 50 dBA, incremento en la amplitud de vocalizaciones a los 57 dBA, preferencia por descansar en áreas más tranquilas a los 47 dBA, efectos en fisiología y desarrollo a los 60 dBA y cambios en abundancia, riqueza, distribución y ocupación menor a los 46 dBA.<br>En el caso de los mamíferos se tendría un menor efecto que en las aves, considerando su cambio conductual entre los 52 dBA y los 98 dBA. En este caso, el ruido generado por el transporte incide en la búsqueda de alimento cuando se llega a los 80 dBA de presión sonora, pero a partir de los 52 dBA se esperaría un incremento en el estrés fisiológico cuando se analiza desde el punto de vista del ruido industrial, que es una fuente fija y constante de ruido. |
| Aprovechamiento del volumen de agua superficial autorizado para su explotación | Agua / Disponibilidad de agua superficial | • Consumo de agua para la conformación de las subbases hidráulicas del camino de terracería y riego de terracería.<br>• Consumo de agua para la preparación de concreto en obra civil.<br>• Requerimiento de agua para la mitigación de la suspensión de partículas del suelo.<br>• Consumo de agua de los trabajadores.<br>• Actividades de barrenación.<br>• Trituración y circuito de molienda.<br>• Riego de caminos de terracería.<br>• Riego para el cuidado y producción de plantas. | El consumo de agua para el desarrollo del proyecto es de forma diferenciada por etapas de desarrollo y área del proyecto. En la primera etapa de áreas nuevas no se demanda un uso significativo del recurso, siendo el riego de caminos de acceso y las áreas de despalme, para mitigar la suspensión de partículas de polvo, y el consumo de agua de trabajadores las principales fuentes demandantes de agua.<br>En la etapa de construcción el consumo de agua sufre un ligero incremento en su demanda asociado a su requerimiento en los procesos constructivos y del consumo por parte de los trabajadores, ya que incrementa la plantilla en esta etapa.<br>La mayor demanda de agua se da durante la etapa de operación del proyecto. En esta etapa existen diversas áreas y procesos que demanda el recurso. La demanda de agua está relacionada con el proceso de trituración, para el repulpeo de lamas (lodos), riego de caminos de terracería, en el proceso de barrenación en la exploración y para cubrir la demanda de los trabajadores.<br>El aprovechamiento de agua del cuerpo de agua superficial se da bajo los términos establecidos en los títulos de concesión de aprovechamiento de agua superficial: 09HGO101151/26ISDL16, 09HGO101151/26ISDL16, 09HGO155000/26IDDL16 y 09HGO106226/26IDDL08, los cuales autorizan el consumo de 606,233.00 $m^3$ de agua anuales, entre los cuatro títulos de concesión. |

| Etapa | Factor ambiental | Actividades | Escenarios: posibles y probables |
|---|---|---|---|
| | | | La cuenca hidrológica del río Claro, donde se encuentra el SAR del proyecto, cuenta con disponibilidad medida anual de agua superficial por 260.985 $Mm^3$, el cual resulta de un volumen de escurrimiento aguas abajo de 446.881 $Mm^3$, a lo cual se le restan los volúmenes comprometidos de 94.916 $Mm^3$ por usos y 90.980 $Mm^3$ para flujos mínimos ecológicos. |
| Alteración de la composición fisicoquímica y/o bacteriológica en el agua superficial | Agua / Calidad del agua superficial | • Despalme y nivelación.<br>• Construcción de obras de drenaje en caminos de acceso y canal de desvío.<br>• Obras de drenaje en portal.<br>• Excavaciones y cimentaciones.<br>• Movimientos y disposición de material de excavación.<br>• Disposición de material estéril.<br>• Circuito de molienda.<br>• Disposición de material con bajo contenido mineral (lodos y tepetate).<br>• Mantenimiento de equipos y maquinaria.<br>• Generación de aguas residuales en las actividades administrativas y aguas de proceso. | La operación del distrito minero sin medidas de mitigación puede generar situaciones de potencial contaminación a la calidad del agua superficial y, en menor medida, al manto freático, lo cual se puede presentar por descargas de aguas sin tratar o con un tratamiento deficiente, aguas contaminadas con hidrocarburos, por sólidos en suspensión y residuos sólidos, de manejo especial y peligrosos dispersos mal manejados. Otra fuente de potencial contaminación lo representa el material estéril depositado en las tepetateras y en el sitio de disposición de residuos con bajo contenido mineral (lamas o lodos) por posibles escurrimientos y procesos de filtración y movilización (lixiviación) de contaminantes.<br>Asociado al proceso se tiene el manejo de sustancias químicas que por inadecuadas prácticas o accidentalmente pueden llegar a contaminar al agua superficial. Otro mecanismo que crea un escenario de potencial contaminación del agua superficial es el de fugas y derrames accidentales o manejo inadecuado de hidrocarburos en sitios de suministro de combustibles y talleres de vehículos ligeros y de maquinaria pesada.<br>La afectación por sólidos se puede presentar durante las actividades de desmonte y despalme en la etapa de preparación y construcción, así como en la etapa de operación por la erosión de las tepetateras, apilamiento de mineral de con bajo contenido mineral y otras áreas dentro del distrito minero. Si bien, los residuos mineros que se generan no se clasifican como peligrosos y no generan drenaje ácido, sí pueden generar suspensión de partículas finas en flujos de agua.<br>En virtud de que los arroyos se encuentran secos durante la época de estiaje, lo más probable es que el alcance de las fugas, derrames, efluentes y sólidos suspendidos se vería limitado por infiltración por lo que su extensión territorial quedaría confinada en un área mínima dentro del distrito minero en la época que no tienen agua. Sin embargo, al presentarse lluvias con escurrimiento, los contaminantes que permanecieron en los materiales superficiales podrán contaminar el agua superficial.<br>Durante la operación de los tajos y la mina subterránea existe el riesgo de tener actividades con afloramientos de agua del manto freático. Estas aguas al entrar en contacto con sustancias y material suelto producido durante la operación podrían ocasionar contaminación del recurso. Sin embargo, estas actividades no se pueden ejecutar sin las menores medidas de seguridad por el propio riesgo que |
| Alteración de la composición fisicoquímica y/o bacteriológica en el agua subterránea | Agua / Calidad del agua subterránea | • Obras de drenaje en portal.<br>• Excavaciones y cimentaciones.<br>• Movimientos de material de las obras subterráneas.<br>• Operación de maquinaria, vehículos y equipos automotores en el área de obras subterráneas.<br>• Manejo de hidrocarburos y mantenimiento menor de automotores en el área de obras subterráneas.<br>• Actividades de barrenación y relleno cementado.<br>• Barrenación y voladuras.<br>• Acarreo de materiales.<br>• Generación de aguas residuales en las actividades administrativas. | |

| Etapa | Factor ambiental | Actividades | Escenarios: posibles y probables |
|---|---|---|---|
| | | | representan para los trabajadores, por lo que el riesgo de contaminación se mitiga y reduce.<br>De esta forma, el alcance del impacto se restringe al área de influencia más no hacía el SAR. Los impactos serían de intensidad media y local por su extensión. |
| Cambio en los flujos y movimientos de agua superficiales temporales | Agua / Modificación del flujo | • Deshierbe y desmonte.<br>• Despalme y nivelación.<br>• Habilitación de áreas de desplante.<br>• Obras de drenaje (B).<br>• Disposición de material estéril.<br>• Disposición de material con bajo contenido mineral (lodos t tepetate). | La pérdida de la cobertura es la primera reguladora de la derivación de agua pluvial. Al no existir la cobertura vegetal en las áreas desmontadas se reduce el volumen de agua captada e infiltrada, y se incrementa la escorrentía siguiendo los cauces naturales definidos por la orografía y relieve del área afectada. Sin embargo, como parte de la preparación de las áreas para la construcción de obras y desarrollo de actividades, se realizan cambios a la conformación orográfica del terreno, por medio del despalme y la nivelación, pudiendo alterar aún más la capacidad de retención de agua por parte del suelo y cambiando el flujo natural del agua.<br>En la etapa de construcción, la conformación de la estructura de la obra civil y la nivelación del terreno para vías de comunicación implicaría reducir la permeabilidad de la superficie, generándose escorrentía y cambio en el sentido de esta. Esto es hasta en tanto no se instalan las obras de drenaje totales requeridas para la captación y conducción del agua pluvial en el área del proyecto hacia alguno de los sitios naturales de escorrentía natural presentes en el terreno.<br>El distrito minero cuenta con escurrimientos temporales de bajo caudal y sin nombre, los cuales no se ven impactos afectados por el desarrollo del proyecto. La empresa cuenta con cuatro títulos de concesión de aprovechamiento de agua superficial: 09HGO101151/26ISDL16, 09HGO101151/26ISDL16, 09HGO155000/26IDDL16 y 09HGO106226/26IDDL08, los cuales autorizan el consumo de 606,233.00 $m^3$ de agua anuales, entre los cuatro títulos de concesión.<br>El mayor impacto por el cambio de los flujos de agua superficiales no se espera que sea en los cauces de los cuerpos de agua superficiales autorizados para el aprovechamiento de agua de los títulos de concesión de la empresa, sino más bien en el sentido de los flujos superficiales de la escorrentía en el área del proyecto por la alteración de las áreas de desplante de obras. Este impacto está relacionado con el cambio del sentido de la escorrentía, no con la interrupción y disminución de los flujos de agua pluvial, dado que mediante las obras de desvío se redirige el flujo superficial para conectar el curso natural al final del distrito minero. |
| Alteración del proceso de infiltración de agua al manto freático | Agua / Recarga del manto freático | • Deshierbe y desmonte.<br>• Despalme y nivelación.<br>• Construcción / instalación de infraestructura para obras de apoyo, auxiliares, mineras y nuevas.<br>• Disposición de material estéril. | La eliminación de la cobertura vegetal y del suelo orgánico, el cual contiene el mayor contenido de materia orgánica, reduce la capacidad de captación e infiltración de agua al manto freático. Posteriormente, la conformación de la estructura de la obra civil minera y la nivelación del terreno para el camino de terracería implicaría reducir la permeabilidad de la superficie, generándose escorrentía y cambio en el sentido de esta. |

| Etapa | Factor ambiental | Actividades | Escenarios: posibles y probables |
|---|---|---|---|
| | | • Disposición de material con bajo contenido mineral (lamas). | La cobertura por la construcción y habilitación de la infraestructura y la afectación de áreas por la pérdida de cobertura vegetal, retiro de suelo orgánico y compactación del horizonte superficial restaría áreas y la capacidad para captar, almacenar e infiltrar agua pluvial. |
| Cambio en la abundancia de individuos de especies de flora silvestre | Flora silvestre / Abundancia | • Deshierbe y desmonte de las áreas de obras. | Para poder llevar a cabo la instalación y construcción de las obras del proyecto es necesario liberar de la cobertura vegetal las áreas donde éstas estarían ubicadas, esto implica remover todos los individuos de flora presentes dentro de los polígonos de afectación o desplante de obras. La remoción de dichos individuos no implica la afectación de la diversidad de flora silvestre, pero sí de la abundancia de ejemplares en el predio de las especies presentes, incluyendo a los ejemplares de las especies en categoría de riesgo y de importancia ambiental.<br>En estas superficies la pérdida de vegetación será total e irá acompañada del despalme del suelo por lo que se perdería no solamente la cobertura vegetal sino todos los atributos de la flora, así como el hábitat. Consecuentemente, sin medidas de mitigación el impacto es de muy alta intensidad y muy probablemente irreversible, perdurando por un largo período de tiempo tras el cese del proyecto.<br>Por otro lado, las áreas con cobertura vegetal vecinas a las áreas desmontadas serán afectadas por el efecto de borde, lo que puede ocasionar un cambio en su composición y estructura, así como la transformación del hábitat. |
| Modificación de la superficie y distribución de la cobertura y tipo de vegetación | Flora silvestre / cobertura vegetal | • Deshierbe y desmonte de las áreas de obras. | |
| Afectación a ejemplares de flora silvestre de especies en categoría de riesgo | Flora silvestre / Especies en riesgo | • Deshierbe y desmonte de las áreas de obras. | |
| Disminución del número de individuos de las especies de fauna silvestre | Fauna silvestre / Abundancia | • Delimitación de las áreas de obras.<br>• Deshierbe y desmonte de las áreas de obras.<br>• Operación de maquinaria, vehículos y equipos automotores.<br>• Conformación de obra civil.<br>• Actividades de barrenación.<br>• Disposición de material estéril.<br>• Conservación de caminos.<br>• Movimiento de personal. | Las actividades de delimitación de áreas para el desplante de obras, deshierbe, desmonte y otras actividades que impliquen el movimiento de vehículos, maquinaria y personal, lo cual aumenta paulatinamente conforme el proyecto se va desarrollando hasta llegar a su punto máximo cuando se está en la exploración y explotación, pude ocasionar el ahuyentamiento de ejemplares de fauna silvestre. Además, el desmonte de las áreas de desplante de obras e instalación de infraestructura reduce la disponibilidad de superficie para refugio, alimentación, reproducción y percheo de fauna silvestre, lo que pudiera ocasionar el desplazamiento de individuos a otros sitios dentro del mismo SAR en búsqueda de áreas con mayor tranquilidad y disponibilidad de hábitat.<br>Ante la falta de implementación de medidas de mitigación también implica la mortalidad de individuos de especies con menor capacidad de desplazamiento y/o de individuos que permanecieron en sus sitios de refugio o de anidación.<br>La afectación que se ocasiona a este factor ambiental implica la disminución de ejemplares de fauna silvestre, incluyendo los pertenecientes a especies clasificadas en categoría de riesgo y de importancia ambiental, la pérdida de hábitat y la alteración de áreas de desplazamiento para especies de mayor rango de área de influencia. |
| Alteración de las áreas de desplazamiento de ejemplares de fauna silvestre | Fauna silvestre / Movilidad | • Delimitación de las áreas de obras.<br>• Deshierbe y desmonte de las áreas de obras.<br>• Despalme y nivelación.<br>• Operación de maquinaria, vehículos y equipos automotores.<br>• Conformación de bases de terracería y tendido de línea de energía.<br>• Conformación de obra civil. | |

| Etapa | Factor ambiental | Actividades | Escenarios: posibles y probables |
|---|---|---|---|
| | | • Actividades de barrenación.<br>• Disposición de material estéril.<br>• Disposición de material con bajo contenido mineral (lamas).<br>• Conservación de caminos.<br>• Movimiento de vehículos.<br>• Movimiento de personal.<br>• Operación de maquinaria pesada. | |
| Reducción de áreas usadas como refugio, alimentación y reproducción de fauna silvestre | Fauna silvestre / Disponibilidad de hábitat | • Deshierbe y desmonte de las áreas de obras.<br>• Despalme y nivelación.<br>• Disposición de material estéril.<br>• Disposición de material con bajo contenido mineral (lamas).<br>• Conservación de caminos.<br>• Movimiento de vehículos.<br>• Movimiento de personal.<br>• Operación de maquinaria pesada. | |
| Afectación a ejemplares de fauna silvestre de especies en categoría de riesgo | Fauna silvestre / Especies en categoría de riesgo | • Deshierbe y desmonte de las áreas de obras.<br>• Despalme y nivelación.<br>• Delimitación de las áreas de obras.<br>• Conformación de bases de terracería y tendido de línea de energía.<br>• Conformación de obra civil.<br>• Disposición de material estéril.<br>• Conservación de caminos.<br>• Movimiento de vehículos.<br>• Movimiento de personal.<br>• Operación de maquinaria pesada. | |
| Modificación de las cualidades estético - paisajísticas | Paisaje / Calidad estético - paisajística | • Deshierbe y desmonte de las áreas de obras.<br>• Despalme y nivelación (Alteración de la conformación topográfica).<br>• Construcción e instalación de obra civil de apoyo a la minería. | El paisaje, entendido como el espacio territorial conformado por unidades ambientales heterogéneas diferenciadas por la interacción que se da entre la geomorfología, clima, vegetación, agua y las modificaciones antrópicas, se ve fuertemente alterado de manera diferente en cada una de las etapas de desarrollo del proyecto. |

| Etapa | Factor ambiental | Actividades | Escenarios: posibles y probables |
|---|---|---|---|
| | | • Conformación de planillas.<br>• Explotación minera a cielo abierto.<br>• Explotación de mina subterránea<br>• Perforación y voladuras.<br>• Disposición de material estéril.<br>• Disposición de material con bajo contenido mineral (lamas). | Las modificaciones que introduce el distrito minero al paisaje van cambiando en función del tiempo en las distintas etapas, con "productos" paisajísticos diferentes. El primer cambio se da con la remoción de la vegetación en las áreas de desplante de obras y realización de actividades, en las que posteriormente se llevaría a cabo el despalme y nivelación. Este es un cambio que se genera de manera paulatina, conforme las necesidades y capacidades del proyecto.<br>Al pasar a la etapa de construcción y habilitación de infraestructura minera implica la introducción de cambios visuales representados por modificaciones de líneas, geoformas, colores, contraste y patrones a medida que toman forma las edificaciones e infraestructura instalada.<br>En la etapa de operación y mantenimiento, paulatinamente van creciendo las nuevas geoformas generadas por la extracción de mineral y el depósito de material en las tepetateras y en sitio de disposición de material con bajo contenido mineral (lodos), las cuales alcanzan su "volumen paisajístico" al cese de operaciones. Además del cambio paulatino en forma y volumen, durante la operación estas obras generan un marcado contraste cromático con su entorno.<br>Al final de la etapa de operación y mantenimiento se tienen dos componentes que representan una modificación puntual del relieve, que si bien, se integra al paisaje en general al formar montículos no deja de ser una modificación del relieve. Por un lado, se tienen las depresiones que forman los tajos en una superficie de 92.0477 ha y, por otro lado, los montículos que representan el apilamiento del material estéril en las tepetateras en una superficie de 210.0979 ha y el sitio de disposición de material con bajo contenido mineral (lamas) en 30.7112 ha. Además, las tepetateras y el sitio de disposición de material con bajo contenido mineral (lodos o lomas) crean obstáculos a la visibilidad de elementos del paisaje más distantes y dominarán las vistas desde los sitios estratégicos de observación, lo que representa una modificación muy específica dentro del distrito minero.<br>Cabe aclarar que dada su naturaleza la depresión de los tajos en 92.0477 ha no es fácilmente visible ubicados a distancia y de gran impacto ubicados en el área aledaña a la obra. |
| Impacto en la calidad de vida de los vecinos de las obras | Paisaje / Impacto visual | • Construcción e instalación de obra civil de apoyo a la minería y nuevas.<br>• Conformación de planillas.<br>• Perforación y voladuras.<br>• Explotación minera a cielo abierto.<br>• Explotación de mina subterránea<br>• Disposición de material estéril.<br>• Disposición de material con bajo contenido mineral (lamas). | |
| Generación de ofertas de trabajo directos e indirectos | Calidad de vida / Generación de empleos | • Deshierbe y desmonte.<br>• Acopio de tierra vegetal.<br>• Operación de maquinaria y vehículos.<br>• Actividades de exploración.<br>• Explotación minera a cielo abierto.<br>• Explotación de mina subterránea.<br>• Actividades de proceso del mineral. | En el marco económico el proyecto tiene beneficios a nivel del SAR y en el nivel regional por la contratación de personal y la demanda de bienes y servicios. En estos aspectos se da preferencia a las comunidades locales y, en caso de no poderse satisfacer adecuadamente las necesidades, la prioridad se extiende a la región y luego a las ciudades más cercanas.<br>El proyecto genera mayor cantidad de fuentes de empleos, directos e indirectos, en la etapa de construcción, operación y mantenimiento. En la contratación se da igualdad de oportunidades a los habitantes del SAR, no obstante, algunas veces se |

| Etapa | Factor ambiental | Actividades | Escenarios: posibles y probables |
|---|---|---|---|
| | | • Mantenimiento de maquinaria, vehículos y equipos.<br>• Mantenimiento de infraestructura.<br>• Actividades administrativas. | ve limitado por el hecho de que algunos empleos requieren habilidades y competencias técnicas (mano de obra calificada). Consecuentemente, se tiene que contratar personas de comunidades o centros poblacionales más alejados.<br>La contratación de personal y desarrollo de habilidades técnicas tiene aspectos positivos y negativos. Entre los primeros, se encuentra que se contribuye al desarrollo económico, lo que incide en el arraigo de las personas locales (efecto positivo en la emigración), así como en su calidad de vida. Por otro lado, en la segunda categoría, se incide en la demografía por el arribo de personas ajenas a la región. Sin embargo, está presión puede llevar a la expansión de la oferta de los servicios (sobre todo los de carácter particular-privado), lo que es un aspecto positivo indirecto del proyecto.<br>Algunos servicios especializados no pueden ser satisfechos local o regionalmente por lo que el impacto económico positivo del distrito minero se extiende a una zona geográfica más amplia. Ejemplo de éstos es el análisis de muestras de mineral, aire, suelo y agua, por lo que son realizados en las ciudades más cercanas en que se ubican los laboratorios apropiados para ellos, como la ciudad de Pachuca de Soto, Hidalgo.<br>Por otro lado, la operación del proyecto requiere de gestiones en otras localidades y ciudades, por lo que, en su realización, el personal de la compañía genera demanda de servicios y derrama económica en otras regiones.<br>Lo anteriormente descrito es también aplicable en lo que respecta a los insumos que requiere la operación del distrito. En la medida que mejora la oferta de bienes y servicios en la localidad, se amplía el impacto económico en la misma.<br>Los beneficios económicos mejoran el arraigo y calidad de vida del personal contratado, al aumentar sus ingresos y capacidad de adquisición, también incide en quienes se dedican a la proveeduría de bienes y servicios en la localidad, lo que es un efecto indirecto. En general, esto incide positivamente en el grado de marginación.<br>Por otro lado, existe la posibilidad de que se presente un choque cultural entre los habitantes de las localidades de la zona de influencia del proyecto y el personal foráneo del distrito minero, así como con otras personas atraídas al lugar por el desarrollo de la minería, lo que se puede derivar de diversos aspectos, tales como distintas costumbres, aspectos culturales y patrones de comportamiento.<br>El desarrollo del distrito minero sustituye en el lugar la producción agrícola y pecuaria del terreno.<br>Las situaciones y escenarios antes planteados pueden revertirse al cierre de operaciones, lo cual puede causar impactos tales como emigración, disminución de la calidad de vida y otros. |
| Impulso a la economía local y regional por la derrama económica | Calidad de vida / Derrama económica | • Deshierbe y desmonte.<br>• Operación de maquinaria y vehículos.<br>• Mantenimiento de maquinaria y equipos.<br>• Actividades de exploración.<br>• Explotación minera a cielo abierto.<br>• Explotación de mina subterránea.<br>• Demanda de insumos en planta de beneficio.<br>• Mantenimiento de maquinaria, vehículos y equipos.<br>• Operación de maquinaria y equipos.<br>• Mantenimiento de infraestructura.<br>• Actividades administrativas. | |
| Incremento de la población económicamente activa externa que demanda bienes, servicios y empleo | Dinámica poblacional / Inmigración | • Mano de obra calificada para dirigir obras y actividades.<br>• Actividades de perforación y voladuras.<br>• Construcción e instalación de obra civil.<br>• Instalación de servicios y acabados de obras.<br>• Operadores de maquinaria y equipos automotores.<br>• Perforaciones y voladuras.<br>• Circuito de molienda.<br>• Operadores de maquinaria y equipos automotores.<br>• Mano de obra calificada para dirigir, administrar y operar las actividades de la unidad minera. | |

## VII.3. Descripción y análisis del escenario considerando las medidas de prevención, mitigación, compensación y/o corrección.

En el capítulo V de este documento se hizo una amplia descripción y análisis de los impactos ambientales potenciales que se generarían por el desarrollo del proyecto, incluyendo a los impactos ambientales clasificados como acumulativos y residuales. De las 475 relaciones actividades del proyecto – atributos ambientales que son susceptibles de recibir un cambio, 217 se consideran benéficas y 258 adversas.

De manera general, de los 104 impactos ambientales potenciales identificados a generarse por el desarrollo del proyecto, agrupando las 475 interacciones identificadas en la matriz tipo Leopold, resultó que 65 se consideran adversos, 40 clasificados como ligeros, 22 moderados, dos significativos y uno mayor. Los 39 impactos restantes se clasifican como positivos, 12 ligeros, 18 moderados y nueve significativos.

En el capítulo VI se procedió a describir detalladamente las medidas ambientales para prevenir, mitigar y compensar los impactos ambientales identificados, incluyendo a los clasificados como acumulativos y residuales. Posteriormente, estas medidas se incluyeron en los programas generales que constituyen el programa de vigilancia ambiental descrito en el capítulo que antecede a éste.

Por lo que, en la Tabla VII.2 se describe el escenario ambiental que se espera considerando el desarrollo del proyecto e implementando las medidas ambientales descritas en el capítulo VI. La descripción sigue la misma estructura empleada en la descripción de escenarios ambientales en el SAR sin la implementación de medidas ambientales para poder realizar una comparación de los posibles escenarios, sin implementación de medidas ambientales y con la implementación de las medidas de prevención, mitigación y compensación ambientales propuestas.

***Tabla VII.2. Escenarios esperados con la implementación de las medidas ambientales propuestas para la prevención y mitigación de impactos ambientales potenciales identificados.***

| Impacto | Factor ambiental | Actividades | Escenarios esperados con medidas ambientales |
|---|---|---|---|
| Cambio en la conformación topográfica natural del terreno y de patrones de sedimentación de sustratos | Fisiografía / Relieve | • Despalme y nivelación de las áreas donde se desplantan obras o dispone material residual por habilitar.<br>• Acopio del horizonte orgánico y aluvial (A) del suelo.<br>• Conformación de las bases de terracería en la apertura y rehabilitación de caminos y línea de distribución de energía.<br>• Excavaciones y cimentaciones para la construcción de obras de apoyo, auxiliares, mineras y obras nuevas.<br>• Conformación de planillas para la exploración.<br>• Barrenaciones y voladuras para la explotación minera.<br>• Conformación de tepetateras.<br>• Disposición de material estéril mineral (lodos y tepetate). | La afectación puntual al relieve en los sitios de construcción y habilitación de infraestructura y realización de actividades mineras que predomina en el SAR que se ocasiona por la operación del proyecto se mantiene. No se cuenta con medidas ambientales preventivas ni mitigables eficientes para el cambio en la conformación geomorfológica que generan los tajos y los montículos de las tepetateras y la disposición de material estéril (lodos y tepetate).<br>Las medidas ambientales que se proponen implican la conservación de los cambios de relieve que genera la operación del proyecto, por lo que, las medidas que se proponen van encaminadas a darle estabilidad y funcionalidad ambiental a estas nuevas conformaciones en el ecosistema. En el caso de los tajos, consisten en brindar a sus paredes pendientes finales para darles estabilidad y, con ello, prevenir derrumbes que causen sus expansiones no controladas y fortuitas de los mismos. De hecho, el cambio de explotación a mina subterránea ayuda a reducir la superficie que se vería afectada por la formación de los tajos, permitiendo continuar con el aprovechamiento mineral.<br>En el caso de las tepetateras y del sitio de disposición de material con bajo contenido mineral (lodos o lamas), las medidas ambientales de mitigación consisten en la suavización de los taludes, al cese de su operación, que les brinden estabilidad, evitando movimientos de masa, así como para disminuir el riesgo de erosión y de la cobertura de suelo que se les dotará en la etapa de restauración para lograr que desarrollen una cubierta vegetal conforme al escenario.<br>Los efectos de la disminución de la estructura y estabilidad del estrato rocoso se atenuarán brindándole a los tajos un ángulo de inclinación de sus paredes que les otorgue estabilidad para evitar derrumbes, desde la conformación misma de estos nuevos componentes ambientales hasta la finalización del aprovechamiento.<br>Consecuentemente, la alteración al relieve del terreno constituye un impacto de alta intensidad, irreversible y permanente, con un efecto residual de largo plazo. |
| Alteración de la estabilidad geomorfológica del terreno | Fisiografía / Estabilidad geomorfológica | • Perforaciones y voladuras.<br>• Excavaciones.<br>• Conformación de las bases de terracería en la apertura y rehabilitación de caminos.<br>• Obras de drenaje (B). | |
| Pérdida / conformación de horizontes del suelo en áreas del desplante | Suelo / Pérdida de suelo. | • Acopio del horizonte orgánico y aluvial (A) del suelo.<br>• Deshierbe y desmonte.<br>• Despalme y nivelación.<br>• Conformación de planillas. | El diseño del proyecto considera las implicaciones para mitigar el impacto al perfil de suelo con la asignación de áreas dentro del mismo distrito minero para almacenar, conservar y usar el suelo orgánico y aluvial que se rescate de los sitios de desplante de obras. Sin bien, es una afectación que no se puede evitar, el rescate y reutilización del suelo ayuda a conservar los horizontes del suelo que tienen mayor contenido de materia orgánica, la mayor cantidad y actividad de la macro y microbiota del suelo y la parte del perfil del suelo que funciona como almacén de semillas de especies de flora silvestre representativa de las comunidades vegetales presentes. |

| Impacto | Factor ambiental | Actividades | Escenarios esperados con medidas ambientales |
|---|---|---|---|
| | | | El suelo rescatado será utilizado durante la etapa de restauración ambiental de las áreas operativas y en la reproducción de ejemplares rescatados y producidos en los viveros para las actividades de reforestación. |
| Afectación de las propiedades físicas del suelo | Suelo / Afectación de las propiedades físicas | • Despalme y nivelación.<br>• Operación de maquinaria y vehículos.<br>• Acopio del horizonte orgánico y aluvial (A) del suelo.<br>• Conformación de planillas.<br>• Actividades de barrenación.<br>• Conformación de tepetateras.<br>• Disposición de material estéril mineral (lodos y tepetate). | Se mantiene el impacto en la superficie mínima de afectación del suelo del escenario sin medidas de mitigación hasta que el cese de operaciones permita la restauración del lugar encaminada, entre otros objetivos, a lograr la restitución de la cubierta de suelo y sus funciones, en las áreas impactadas. Entre las medidas encaminadas a minimizar el impacto al suelo se tienen las siguientes a implementar durante las etapas de operación y/o de restauración:<br>• Las obras fueron diseñadas y serán construidas para minimizar la superficie de afectación del suelo.<br>• Rescatar, almacenar y manejar adecuadamente el suelo de los sitios de obras para su utilización en la restauración. Áreas de almacenamiento y manejo del suelo recuperado han sido incorporadas en el diseño.<br>• Mediante procesos de planeación cuidadosos, se procurará, en la mayor medida de lo posible, evitar llegar al máximo de afectación, manteniendo las áreas intermedias de obras mínimamente en las condiciones actuales, si no es que las zonas actualmente perturbadas de las mismas son mejoradas mediante acciones de recuperación concurrentes a la operación (restauración progresiva de áreas afectadas y que ya llegaron a su etapa final).<br>• Se desarrollarán obras de control de los escurrimientos para minimizar el riesgo de erosión hídrica y para promover el libre flujo de escorrentía e infiltración del agua.<br>• El desmantelamiento de las instalaciones y remoción de escombros y otros materiales derivados de las mismas, en preparación para la restauración.<br>• La restauración será iniciada desde la etapa de operación según vaya cesando la realización de operaciones en secciones de obras o zonas del proyecto. Incluirá la colocación del suelo almacenado y la escarificación del suelo en general.<br>Los tajos serán los únicos sitios de obras donde no es posible realizar acciones para la recuperación de la cubierta edáfica, por lo que aquí el impacto al suelo será irreversible y permanente. |
| Cambio de las propiedades químicas y biológicas del suelo | Suelo / Contaminación por residuos | • Operación de maquinaria y vehículos.<br>• Mantenimiento de maquinaria y equipos.<br>• Manejo de hidrocarburos.<br>• Conformación de las bases de terracería. | El impacto a la calidad del suelo no se presenta pues las medidas para la prevención de la contaminación del suelo incorporadas desde el diseño de los procesos e instalaciones y construidas con altos estándares de calidad, así como las medidas de mitigación no estructurales implementadas, evitan que el suelo sea contaminado, salvo por eventos fortuitos (accidentes). |

| Impacto | Factor ambiental | Actividades | Escenarios esperados con medidas ambientales |
|---|---|---|---|
| | | • Construcción e instalación de infraestructura.<br>• Construcción de obras de drenaje.<br>• Construcción, habilitación y reforzamiento de obras subterráneas.<br>• Construcción de obras de servicio, auxiliares, mineras y nuevas.<br>• Mantenimiento de obra civil (pedacerías de vidrio, losetas, plafones, cortes de aluminio, entre otros).<br>• Clausura de barrenos.<br>• Derrames accidentales y fugas de sustancias químicas de la planta de proceso (silos, tanques de almacenamiento de sustancias, tuberías).<br>• Derrames accidentales y fugas de hidrocarburos por el abastecimiento y mantenimiento de maquinaria, vehículos y equipos automotores.<br>• Lixiviados provenientes de áreas de disposición de material estéril.<br>• Dispersión de residuos sólidos urbanos generado por el personal de la empresa.<br>• Dispersión de residuos de manejo especial generados por el desarrollo de las actividades mineras. | Las áreas de manejo de combustibles y talleres cuentan con áreas impermeabilizadas (concretos), cárcamos y otros dispositivos para contener y manejar los derrames accidentales de hidrocarburos y para el manejo de materiales impregnados con los mismos.<br>El mantenimiento y servicio de vehículos se realiza solamente en las áreas designadas para ello, además de que se hace con la frecuencia y cuidado suficiente para su óptimo funcionamiento, previniendo al máximo que durante su operación se presenten rupturas de manqueras de combustible y fluidos hidráulicos que puedan causar contaminación del suelo.<br>Se cuenta con inspecciones preoperativas a vehículos, equipos y maquinaria que permiten identificar con anticipación fallas que pudieran derivar en fugas o derrames de sustancias químicas o de hidrocarburos.<br>El diseño del proyecto cuenta con la implementación de un plan de manejo integral de residuos en el que se incluye medidas e instalaciones para la disposición temporal, manejo, transporte y disposición de residuos sólidos urbanos, de manejo especial y residuos peligrosos. Todas estas acciones van encaminadas a prevenir y mitigar los impactos a la calidad química y biológica del suelo.<br>Los procedimientos de los procesos incorporan las mejores prácticas para prevenir la contaminación del suelo, además de que el personal estará óptimamente capacitado. |
| Alteración de la concentración de partículas sólidas y gases en el aire | Aire / Calidad | • Despalme y nivelación.<br>• Operación de vehículos, maquinaria y equipos automotores.<br>• Conformación de bases de terracería.<br>• Excavaciones para cimentaciones, zanjeo y nivelaciones.<br>• Relleno de zanjas, compactación y conformación de bases.<br>• Transporte material para la construcción.<br>• Conformación de obra civil.<br>• Perforaciones y voladuras. | Los impactos se reducen notoriamente pues, por un lado, el distrito minero no operará bajo las condiciones del peor escenario y, por otro, debido a que las medidas de mitigación reducen sensiblemente la magnitud y el alcance de los impactos pues minimizarán al máximo posible la emisión de contaminantes, con lo que reducirá el volumen de los mismos y la extensión del área de dispersión significativa, con lo que se cumplirá la normatividad correspondiente de nuestro país (NOM-025-SSA1-2021), así como los estándares internacionales.<br>Se espera mantener los impactos significativos en la zona inmediatamente aledaña a la emisión y dentro de los límites de las unidades mineras que integran el distrito minero. Estos impactos cesan al término de las operaciones.<br>Las comunidades más cercanas no se verán afectadas por las emisiones de polvos y gases contaminantes, pues las concentraciones a esperar serán inferiores a las máximas permisibles, y, por lo tanto, no habrá problemas de salud derivados de los |

| Impacto | Factor ambiental | Actividades | Escenarios esperados con medidas ambientales |
|---|---|---|---|
| | | • Cargado y acarreo de materiales.<br>• Disposición de material estéril.<br>• Disposición de material con bajo contenido mineral (lamas).<br>• Acarreo de material mineral.<br>• Trituración y circuito de molienda.<br>• Emisiones del horno.<br>• Mantenimiento de caminos. | contaminantes considerados. Adicionalmente, entre los frentes de trabajo y las localidades más cercanas existe cobertura vegetal que funciona como cortina que filtra y bloquea el movimiento de partículas sólidas suspendidas por el viento.<br>Igualmente, se espera que no habrá incidencia significativa sobre el medio natural, sobre todo a la flora por los polvos, en las áreas vecinas al distrito minero, más allá de la barrera vegetal del borde la cobertura vegetal.<br>Las principales acciones de mitigación incluyen: el riego de caminos, uso de supresores de polvo, limitación de la velocidad de los vehículos, reducción de la altura de caída del material durante las transferencias, utilización de un sistema supresor de polvos en el circuito de trituración, la implementación de áreas techadas en áreas de proceso y áreas de apilamiento de mineral triturado, la utilización de bandas transportadoras cubiertas y/o con sistema de humedecimiento, mantenimiento periódico de vehículos y equipos de acuerdo con sus especificaciones técnicas.<br>Los gases generados en el horno giratorio en la planta de proceso pasan por un colector de polvos con compartimentos para polvos gruesos y finos de los nódulos de manganeso. Este sistema colector de polvos recibe mantenimiento dos veces al año, el cual dura tres días en cada caso.<br>La chimenea de la planta concentradora cuenta con puntos de muestreo, donde se cuenta con un termopack para el monitoreo de los gases y las emisiones del horno secador se dirigen a un colector de polvos y gases.<br>Los impactos terminarán al cese de las actividades involucradas en la operación de la mina y mejorarán con la implementación de la cubierta vegetal durante la etapa de restauración, por lo que son de carácter reversible. |
| Generación de ondas acústicas fuertes, no deseadas y desagradables para el sentido | Aire / Confort sonoro | • Operación de vehículos, maquinaria y equipos para la preparación del sitio y traslado de personal.<br>• Transporte de material para la construcción.<br>• Habilitado de acero.<br>• Conformación de obra civil.<br>• Uso de maquinaria, vehículos y equipos automotores.<br>• Barrenaciones y voladuras.<br>• Actividades de barrenación.<br>• Cargado, transporte y disposición de materiales.<br>• Trituración y circuito de molienda.<br>• Conservación de caminos. | Los niveles de ruido que experimentarán los receptores serán inferiores a los resultantes en los sitios de las fuentes de emisión por el tipo de ambiente de trabajo (áreas abiertas) y la separación entre las fuentes emisoras, lo que impediría la sinergia de la intensidad de las emisiones. Además, se implementarán medidas de mitigación para minimizar al máximo las emisiones.<br>Entre las medidas de mitigación se encuentran: (1) realizar las actividades más significativamente emisoras de ruido durante el día y manejarlas con el propósito de satisfacer el nivel establecido al respecto en la NOM-081-SEMARNAT-1994; (2) No mantener vehículos diésel encendidos ni muy revolucionados innecesariamente; (3) uso de silenciadores en vehículos, (4) mantenimiento periódico a vehículos y maquinara para mantener su eficiencia y disminuir el ruido que generan, y, 5) mantenimiento del sistema de trituración parcialmente cerrado. |

| Impacto | Factor ambiental | Actividades | Escenarios esperados con medidas ambientales |
|---|---|---|---|
| Aprovechamiento del volumen de agua superficial autorizado para su explotación | Agua / Disponibilidad de agua superficial | • Consumo de agua para la conformación de las subbases hidráulicas del camino de terracería y riego de terracería.<br>• Consumo de agua para la preparación de concreto en obra civil.<br>• Requerimiento de agua para la mitigación de la suspensión de partículas del suelo.<br>• Consumo de agua de los trabajadores.<br>• Actividades de barrenación.<br>• Trituración y circuito de molienda.<br>• Riego de caminos de terracería.<br>• Riego para el cuidado y producción de plantas. | En este componente no existe diferencia entre los escenarios del proyecto sin medida y con medidas ambientales, ya que, si bien se tiene considerado la implementación de medidas para mitigar el consumo de agua del cuerpo de agua superficial, su efecto es menor.<br>Para reducir el consumo de agua se implementarán medidas ambientales como:<br>• Se contará con equipos ahorradores de agua en las instalaciones de los trabajadores.<br>• El uso de supresores de polvo y/o estabilizadores de suelo en los caminos permitirá la disminución de agua en el riego de caminos.<br>• Se reusará el agua tratada de las plantas de tratamiento de aguas residuales. El agua residual tratada de la planta de servicios se reutiliza en el lavado de vehículos y maquinaria de la mina y la de la planta de tratamiento del agua residual de los trabajadores se reutiliza en el riego de caminos y frentes de trabajo activos.<br>• El proceso minero en la planta concentradora solo usa agua para la separación de tamaños de partículas para concentración.<br>Las medidas ambientales referidas ayudarán a mitigar el impacto al manto acuífero, sin que se espere un gran impacto. |
| Alteración de la composición fisicoquímica y/o bacteriológica en el agua superficial | Agua / Calidad del agua superficial | • Despalme y nivelación.<br>• Construcción de obras de drenaje en caminos de acceso y canal de desvío.<br>• Obras de drenaje en portal.<br>• Excavaciones y cimentaciones.<br>• Movimientos y disposición de material de excavación.<br>• Disposición de material estéril.<br>• Circuito de molienda.<br>• Disposición de material con bajo contenido mineral (lodos y tepetate).<br>• Mantenimiento de equipos y maquinaria.<br>• Generación de aguas residuales en las actividades administrativas y aguas de proceso. | El distrito minero opera adecuadamente sin causar ningún efecto a la calidad del agua superficial pues las medidas de mitigación son las adecuadas y suficientes para tal fin.<br>El área de proceso y todas las instalaciones donde se manejan sustancias químicas, residuos peligrosos e hidrocarburos son instalaciones seguras, pues fueron diseñados incorporando diversas medidas de mitigación y construidos bajo un estricto programa de aseguramiento y control de calidad. En todas las áreas, donde es pertinente, se cuenta con plataformas de concreto, impermeabilizaciones y cárcamos para contener cualquier fuga o derrame accidental, o de otro tipo, de sustancias contaminantes.<br>La afectación a la calidad del agua superficial por material suspendido es evitada tanto en la etapa de preparación y construcción como en la de operación mediante la aplicación del plan de manejo integral de residuos. En la primera, el suelo de las áreas desmontadas es retirado inmediatamente y llevado a los sitios de almacenamiento.<br>Durante la operación, las tepetateras y el sitio disposición de material estéril (lodos y tepetate) cuentan con presas sedimentadoras aguas abajo para retener las partículas sueltas de estos componentes que son arrastradas por flujos de agua superficiales. |

| Impacto | Factor ambiental | Actividades | Escenarios esperados con medidas ambientales |
|---|---|---|---|
| | | | Los caminos habilitados para el movimiento interno de maquinaria y vehículo pesados, así como de los vehículos del personal operativo cuentan con obras de drenaje que ayudan al movimiento de agua sin entrar en contacto con áreas de proceso donde puedan ser contaminadas. |
| Alteración de la composición fisicoquímica y/o bacteriológica en el agua subterránea | Agua / Calidad del agua subterránea | • Obras de drenaje en portal.<br>• Excavaciones y cimentaciones.<br>• Movimientos de material de las obras subterráneas.<br>• Operación de maquinaria, vehículos y equipos automotores en el área de obras subterráneas.<br>• Manejo de hidrocarburos y mantenimiento menor de automotores en el área de obras subterráneas.<br>• Actividades de barrenación y relleno cementado.<br>• Barrenación y voladuras.<br>• Acarreo de materiales.<br>• Generación de aguas residuales en las actividades administrativas. | La operación del proyecto no incide directamente sobre la calidad del agua subterránea. Las medidas de mitigación permiten que el agua mantenga características semejantes a las del presente. Las medidas ambientales que se proponen para prevenir las afectaciones a la calidad del suelo y a los cuerpos de agua superficiales ayudan para prevenir y mitigar la posible afectación a la calidad del agua del acuífero.<br>El agua de laboreo de la mina subterránea y tajos será bombeada hacia sedimentadores previa descarga a cuerpo de agua superficiales y una vez verificado que su calidad no pone en riesgo de contaminación los cuerpos de agua superficiales y agua subterránea. |
| Cambio en los flujos y movimientos de agua superficiales temporales | Agua / Modificación del flujo | • Deshierbe y desmonte.<br>• Despalme y nivelación.<br>• Habilitación de áreas de desplante.<br>• Obras de drenaje (B).<br>• Disposición de material estéril.<br>• Disposición de material con bajo contenido mineral (lodos t tepetate). | La construcción de las obras afecta la red de drenaje superficial del distrito minero, pero las medidas de mitigación establecen un nuevo patrón que permite que el flujo del escurrimiento sea de forma controlada. Estas medidas permitirán que el distrito opere adecuadamente, sin afectar los cuerpos de agua superficiales presentes en el SAR.<br>Las medidas de mitigación al impacto sobre la red de drenaje incluyen obras de control del escurrimiento interno del distrito minero, entre ellas cunetas, contracunetas y obras de drenaje en los caminos internos, como alcantarillas y losas con reductores de velocidad para el flujo de agua formado.<br>El escurrimiento interno del distrito minero es controlado y direccionado para retener una parte en el distrito para promover la infiltración y otros aspectos.<br>El escurrimiento interno del distrito es controlado y direccionado para una parte retenerla en el distrito para promover la infiltración y otros aspectos, y otra parte de la escorrentía es dirigida hacia las escorrentías naturales que se forman en terrenos con el tipo de relieve y conformación geomorfológica que existe en el área del proyecto y SAR.<br>Al cese de operaciones, no será posible regresar el terreno de las áreas de los tajos, tepetateras y del sitio disposición de material con bajo contenido mineral (lodos) a |
| Alteración del proceso de infiltración de agua al manto freático | Agua / Recarga del manto freático | • Deshierbe y desmonte.<br>• Despalme y nivelación.<br>• Construcción / instalación de infraestructura para obras de apoyo, auxiliares, mineras y nuevas.<br>• Disposición de material estéril.<br>• Disposición de material con bajo contenido mineral (lamas). | |

| Impacto | Factor ambiental | Actividades | Escenarios esperados con medidas ambientales |
|---|---|---|---|
| | | | su configuración topográfica preproyecto, por lo que se tendrán que mantener activas algunas de las obras de drenaje construidas. Durante la restauración de las áreas impactadas por el proyecto (incluyendo las tepetateras y el sitio de disposición de material con bajo contenido mineral, en cuanto a la recuperación del suelo y a la revegetación) se prestará atención al manejo del agua superficial. De esta forma, el impacto a la red de drenaje natural es un impacto permanente, irreversible y residual, pero es sustituido por una nueva configuración del drenaje.<br>En cuanto al volumen de escurrimiento, las medidas de mitigación permiten que no se altere el volumen de agua de los cuerpos de agua superficiales, pues el volumen que se recibe de la zona aguas arriba del distrito es llevado a su salida.<br>La operación de la mina subterránea reduce el área superficial de afectación y con ello el cambio de flujos superficiales de agua y de la capacidad de retención e infiltración hacia el manto freático. |
| Cambio en la abundancia de individuos de especies de flora silvestre | Flora silvestre / Abundancia | • Deshierbe y desmonte de las áreas de obras. | El desmonte de la vegetación y despalme del suelo son indispensables para la construcción de las obras por lo que el impacto antes descrito a la vegetación es inevitable. Sin embargo, el impacto es temporal pues se implementará al cese de operaciones un programa de restauración que contempla entre sus principales fines el restablecimiento de la vegetación en las áreas de obras, salvo en el caso de los tajos en los que no es posible llevar a cabo esta acción. Además, como medida de mitigación, las obras fueron diseñadas para ocupar la mínima superficie posible y durante la etapa de preparación y construcción, se vigila que el desmonte se restrinja rigurosamente a las áreas indicadas.<br>En apoyo al programa de restauración se operan dos viveros, en los cuales se reproducen y resguardan individuos de las especies con alguna categoría de riesgo, incluidos en la NOM-059-SEMARNAT-2010, que serían rescatados previo al desmonte, al igual que individuos de las especies de interés biológico que se encuentren aptos para su rescate y reubicación. En caso de no poder rescatar individuos de estas especies, se colectarán semillas para la producción de ejemplares y usarlos en las áreas de conservación y restauración.<br>La restauración será concurrente con la operación a medida que algunas zonas de obras cesen en su operación. Tras el desmantelamiento de obras y/o la reconfiguración del terreno, donde sea necesario, se coloca el suelo almacenado, recuperado tras el despalme, preparándolo mediante escarificación y otras acciones, lo que será también llevado a cabo en las áreas que permanecieron con suelo. Una vez listo el recurso edáfico, los individuos rescatados y producidos en los viveros son trasplantados y, en dado caso, se sembrará semilla directamente.<br>Con la restauración se espera lograr la restitución del arreglo florístico, cobertura, diversidad, conectividad y otros aspectos para lograr el restablecimiento del hábitat y del ecosistema. |
| Modificación de la superficie y distribución de la cobertura y tipo de vegetación | Flora silvestre / cobertura vegetal | • Deshierbe y desmonte de las áreas de obras. | |
| Afectación a ejemplares de flora silvestre de especies en categoría de riesgo | Flora silvestre / Especies en riesgo | • Deshierbe y desmonte de las áreas de obras. | |

| Impacto | Factor ambiental | Actividades | Escenarios esperados con medidas ambientales |
|---|---|---|---|
| Disminución del número de individuos de las especies de fauna silvestre | Fauna silvestre / Abundancia | • Delimitación de las áreas de obras.<br>• Deshierbe y desmonte de las áreas de obras.<br>• Operación de maquinaria, vehículos y equipos automotores.<br>• Conformación de obra civil.<br>• Actividades de barrenación.<br>• Disposición de material estéril.<br>• Conservación de caminos.<br>• Movimiento de personal. | La modificación de las poblaciones de fauna y de su hábitat son inevitables en los frentes de trabajo dentro del distrito minero. Con medidas de mitigación, el impacto es temporal y prevalecerá en su mayor magnitud hasta el fin de la etapa de operación, cuando inicia la restauración de los sitios de obra, lo cual sucederá paulatinamente conforme vaya concluyendo la vida útil de las obras y del proyecto mismo.<br>Con la restauración, a medida que pase el tiempo, se irán recuperando paulatinamente las condiciones adecuadas para el retorno de la fauna y progresivamente ir recuperando las poblaciones ahuyentadas.<br>Por la relación intrínseca con la vegetación, las medidas de mitigación presentadas para lograr la restitución de la vegetación son aplicables también para la recuperación del hábitat de la fauna.<br>La abundancia de las poblaciones y la diversidad de la fauna (a nivel del SAR) no se ve afectada con el ahuyentamiento y la relocalización planificados que contempla el programa de rescate de fauna implementado en la etapa de preparación y construcción, así como por las medidas realizadas para que durante la operación se evite la muerte circunstancial de fauna como por ejemplo, la conservación ambiental de una superficie dentro del distrito minero, la conservación de corredores biológicos y la concientización de los trabajadores para la conservación y protección de la fauna silvestre.<br>Las presiones y efectos adversos son disminuidos en las áreas reforestadas vecinas con la prohibición de la colecta y caza de ejemplares de fauna, así como por la implementación de las medidas de mitigación contra contaminantes (polvo, ruido, derrames y otros).<br>Todo lo anterior, es especialmente importante en el caso de los individuos de las especies enlistadas en la NOM-059-SEMARNAT-2010. |
| Alteración de las áreas de desplazamiento de ejemplares de fauna silvestre | Fauna silvestre / Movilidad | • Delimitación de las áreas de obras.<br>• Deshierbe y desmonte de las áreas de obras.<br>• Despalme y nivelación.<br>• Operación de maquinaria, vehículos y equipos automotores.<br>• Conformación de bases de terracería y tendido de línea de energía.<br>• Conformación de obra civil.<br>• Actividades de barrenación.<br>• Disposición de material estéril.<br>• Disposición de material con bajo contenido mineral (lamas).<br>• Conservación de caminos.<br>• Movimiento de vehículos.<br>• Movimiento de personal.<br>• Operación de maquinaria pesada. | |
| Reducción de áreas usadas como refugio, alimentación y reproducción de fauna silvestre | Fauna silvestre / Disponibilidad de hábitat | • Deshierbe y desmonte de las áreas de obras.<br>• Despalme y nivelación.<br>• Disposición de material estéril.<br>• Disposición de material con bajo contenido mineral (lamas).<br>• Conservación de caminos.<br>• Movimiento de vehículos.<br>• Movimiento de personal. | |

| Impacto | Factor ambiental | Actividades | Escenarios esperados con medidas ambientales |
|---|---|---|---|
| | | • Operación de maquinaria pesada. | |
| Afectación a ejemplares de fauna silvestre de especies en categoría de riesgo | Fauna silvestre / Especies en categoría de riesgo | • Deshierbe y desmonte de las áreas de obras.<br>• Despalme y nivelación.<br>• Delimitación de las áreas de obras.<br>• Conformación de bases de terracería y tendido de línea de energía.<br>• Conformación de obra civil.<br>• Disposición de material estéril.<br>• Conservación de caminos.<br>• Movimiento de vehículos.<br>• Movimiento de personal.<br>• Operación de maquinaria pesada. | |
| Modificación de las cualidades estético - paisajísticas | Paisaje / Calidad estético - paisajística | • Deshierbe y desmonte de las áreas de obras.<br>• Despalme y nivelación (Alteración de la conformación topográfica).<br>• Construcción e instalación de obra civil de apoyo a la minería.<br>• Conformación de planillas.<br>• Explotación minera a cielo abierto.<br>• Explotación de mina subterránea<br>• Perforación y voladuras.<br>• Disposición de material estéril.<br>• Disposición de material con bajo contenido mineral (lamas). | El impacto paisajístico (en la visibilidad y en la calidad del paisaje) causado por el nuevo relieve es puntual, de alta intensidad e irreversible, por lo que es de carácter residual. A nivel local, este es uno de los impactos importantes del proyecto, si bien a nivel del SAR no es tan significativo dada la pequeña proporción de estas obras, las cuales se insertan en un paisaje dominado por lomas y montañas con cobertura vegetal forestal y de cambio de uso de suelo para la producción agrícola y pecuaria.<br>En el resto del distrito minero, las actividades de restauración, iniciando con el desmantelamiento de las obras y procediendo con la descompactación del suelo de las áreas afectadas, la colocación de suelo y siembra de vegetación, hasta lograr la recuperación de la cubierta vegetal regresará el terreno a condiciones paisajísticas semejantes al estado previo al inicio del proyecto. La posible configuración alomada y de montaña del terreno en algunos sitios por la reconfiguración llevada a cabo para construir las obras tiene un valor significativo paisajísticamente hablando.<br>En la etapa de abandono, las medidas de mitigación para las tepetateras constituyen la reconformación de taludes, la colocación de suelo y la forestación con especies nativas (restauración), con lo cual el impacto cromático irá paulatinamente disminuyendo a medida que la cubierta vegetal se va recuperando. Caso similar aplica para los sitios de disposición de material estéril.<br>Tampoco existe medida de mitigación para el caso de los tajos. |
| Impacto en la calidad de vida de los vecinos de las obras | Paisaje / Impacto visual | • Construcción e instalación de obra civil de apoyo a la minería y nuevas.<br>• Conformación de planillas.<br>• Perforación y voladuras.<br>• Explotación minera a cielo abierto.<br>• Explotación de mina subterránea<br>• Disposición de material estéril.<br>• Disposición de material con bajo contenido mineral (lamas). | |

| Impacto | Factor ambiental | Actividades | Escenarios esperados con medidas ambientales |
|---|---|---|---|
| Generación de ofertas de trabajo directos e indirectos | Calidad de vida / Generación de empleos | • Deshierbe y desmonte.<br>• Operación de maquinaria y vehículos.<br>• Mantenimiento de maquinaria y equipos.<br>• Actividades de exploración.<br>• Explotación minera a cielo abierto.<br>• Explotación de mina subterránea.<br>• Demanda de insumos en planta de beneficio.<br>• Mantenimiento de maquinaria, vehículos y equipos.<br>• Operación de maquinaria y equipos.<br>• Mantenimiento de infraestructura.<br>• Actividades administrativas. | Los efectos socioculturales ocasionados por el arribo de fuerza laboral de otras regiones se minimizan implementando al máximo la política de contratar lo más posible a habitantes locales y de las comunidades más cercanas, con hábitos, costumbres y tradiciones semejantes, así como por acciones encaminadas hacia la gestión social de apoyo a las comunidades aledañas al distrito minero.<br>Además, la Compañía Minera implementa programas, talleres y actividades dirigidos a las comunidades de la zona de influencia del proyecto. Las acciones por desarrollar incluyen, entre otros aspectos:<br>• Sistema de atención a las comunidades: Identifica, clasifica y gestiona eventos sociales, como inquietudes, quejas, eventos atípicos, solicitudes, consultas, recomendaciones y denuncias de las comunidades vecinas a las actividades de la compañía.<br>• Convenio de responsabilidad social: Brinda beneficios directos a las comunidades contiguas al distrito minero. Entre los beneficios otorgados se encuentra la implementación de los programas “Autlán crece contigo”, “Médico y medicamentos para la Comunidad” y el programa de bienestar “Pago de luz, y vales de despensa” para abonar a la disminución de la pobreza y la desigualdad alimentaria.<br>• Inversión social: Reserva de un fondo en especie para el desarrollo de proyectos comunitarios que resuelvan una problemática dentro de las comunidades, y aporte a su solución. Adicional a ello, actualmente se han creado, como parte de la plataforma de beneficio social, programas transversales: *Contigo Mujer, Contigo Salud, Contigo Reforestamos, Contigo Cultura y tradiciones y Manos a la brocha.*<br>  • Apoyo a las mujeres: Elaboración de talleres de habilidades dirigido específicamente a mujeres de las localidades ubicadas en la zona de influencia del proyecto. Con su impartición, se busca generar condiciones y capacidad para que mujeres de la sierra hidalguense emprendan, dotándoles de herramientas, aprendizajes y capacidades para el empoderamiento de las mujeres.<br>  • Programa de salud comunitaria: Se buscan y establecen alianzas estratégicas para acercar los servicios de salud a las comunidades de nuestra zona de influencia, ya sea por medio de campañas de vacunación, platicas de prevención a la salud, instalación de farmacias comunitarias, dotación de servicio médico y medicamentos en comunidades con las que se cuenta con algún convenio. |
| Impulso a la economía local y regional por la derrama económica | Calidad de vida / Derrama económica | • Mano de obra calificada para dirigir obras y actividades.<br>• Actividades de perforación y voladuras.<br>• Construcción e instalación de obra civil.<br>• Instalación de servicios y acabados de obras.<br>• Operadores de maquinaria y equipos automotores.<br>• Perforaciones y voladuras.<br>• Circuito de molienda.<br>• Operadores de maquinaria y equipos automotores.<br>• Mano de obra calificada para dirigir, administrar y operar las actividades de la unidad minera. | |
| Incremento de la población económicamente activa externa que demanda bienes, servicios y empleo | Dinámica poblacional / Inmigración | • Deshierbe y desmonte.<br>• Operación de maquinaria y vehículos.<br>• Mantenimiento de maquinaria y equipos.<br>• Actividades de exploración.<br>• Explotación minera a cielo abierto.<br>• Explotación de mina subterránea.<br>• Demanda de insumos en planta de beneficio. | |

| Impacto | Factor ambiental | Actividades | Escenarios esperados con medidas ambientales |
|---|---|---|---|
| | | • Mantenimiento de maquinaria, vehículos y equipos.<br>• Operación de maquinaria y equipos.<br>• Mantenimiento de infraestructura.<br>• Actividades administrativas. | • Programa de reforestación: Tiene el objetivo de generar conciencia en las más de 46 comunidades de la zona de influencia respecto a el cuidado del medio ambiente por medio de la estrategia de reforestación de espacios públicos comunitarios. Anualmente se plantan en promedio 17,000 árboles de especies endémicas de la región.<br>• Programa de cultura y tradiciones: Conformación de un fondo económico anual en el que participan las comunidades de la zona de influencia del proyecto para el desarrollo de actividades culturales o tradiciones religiosas.<br>• Programa manos a la brocha: Tiene como objetivo la recuperación y rehabilitación de espacios públicos, que incentiven la convivencia social, aportando de manera anual un monto en especie de materiales (pintura) por comunidad de la zona de influencia del proyecto.<br>Estos programas no son fijos y se van modificando o adaptando a las condiciones y requerimientos de las comunidades aledañas. Todos estos programas, apoyos y beneficios están sujetos a la continuidad operativa del Distrito Minero y a las condiciones del mercado.<br>Los impactos socioeconómicos derivados del cierre del distrito minero son paliados por la capacitación y formación brindada a los habitantes contratados, además de coadyuvar con las comunidades para aminorar la posible dependencia del impacto económico positivo generado con las actividades mineras.<br>El distrito minero no genera condiciones de riesgo probables a la seguridad y a la salud del público, ya que las medidas de mitigación incorporadas desde el diseño de las obras (medidas estructurales) y las implementadas como parte de los procesos y procedimientos operativos y de gestión (medidas no estructurales), minimizan al máximo las afectaciones más allá de los límites del distrito minero.<br>Los explosivos se resguardan y manejan de acuerdo con los más estrictos estándares y bajo la supervisión de la SEDENA (Secretaría de la Defensa Nacional). Bajo este marco de referencia, se diseñó y construyó el polvorín donde se almacenan. |

## VII.4. Pronóstico ambiental

El distrito minero se inserta en un sistema ambiental regional en el cual predomina la cobertura vegetal forestal en un 57.79% del SAR, tanto de cobertura vegetal forestal primaria como de vegetación secundaria. Esto implica que 42.21% de las 38,998.68 ha del SAR fueron sometidas al cambio de uso de suelo para el desarrollo de actividades agrícolas de temporal y pecuarias, asentamientos humanos, infraestructura urbana o están clasificadas como cuerpos de agua y áreas sin cobertura vegetal.

Aquí cabe aclarar que esta estimación de cobertura de tipos de usos de suelo y vegetación se hizo considerando la carta de usos de suelo y vegetación escala 1:250,000, serie VII, del INEGI, la cual se elaboró usando información obtenida a partir de la aplicación de técnicas de fotointerpretación con imágenes geomedianas de la constelación satelital Landsat seleccionadas con año base 2018. Además del año base para determinar la definición o delimitación de los diferentes tipos de vegetación y uso de suelo, se tiene el problema de la escala con la cual fue elaborada, la cual es poco precisa cuando se trata de definir áreas específicas pequeñas. A pesar de estas limitantes, son la base oficial más importante y usada para determinar, caracterizar y describir la distribución de los tipos de vegetación y usos de suelo a nivel nacional.

Las actividades económicas que predominan en los municipios que forman parcialmente parte del SAR están relacionadas con las actividades agrícolas y pecuarias. La producción agrícola es de temporal a baja escala, predominando la producción de autoconsumo, con venta solo del producto excedente. La producción de café y caña de azúcar son los principales cultivos comerciales.

La producción bovina de tipo extensivo es la principal actividad pecuaria comercial en la región. La producción de otras especies pecuarias, principalmente cerdos, aves y borregos, se lleva a cabo a baja escala para autoconsumo y venta solo de los excedentes.

Estos sistemas de producción agropecuarios requieren de áreas específicas y acondicionadas para desarrollarse. Sin embargo, tienen en común que requieren áreas sin cobertura vegetal forestal para poder establecer los cultivos y praderas para el pastoreo de sus animales.

Estas actividades productivas, en conjunto con las comerciales y las administrativas, han sido las principales fuentes de empleo en la región, ya que no se cuenta con un desarrollo industrial que impacte social y económicamente en esa parte del estado de Hidalgo.

Es hasta la llegada de la Compañía Minera Autlán a finales del siglo pasado que se empiezan a diversificar las opciones de desarrollo en la región. Desde entonces, no se han identificado nuevas alternativas que representen una alternativa real de desarrollo económico y social, con respeto al medio ambiente, en la región. Por lo que, de no continuar las actividades mineras de la compañía se pararía una de las principales actividades generadora de derrama económica, directa e indirectamente, a nivel regional, así como una importante fuente generadora de fuentes de empleos, directos e indirectos.

El Distrito Minero ha identificado en su zona de influencia 18 comunidades, las cuales reciben un mayor impacto dentro del SAR, 13 de las cuales se ubican en el municipio de Molango de Escamilla, cuatro en Lolotla y una pertenece al municipio de Tlanchinol (Tabla VII.3). Se considera que cinco de estas 18 comunidades reciben un impacto directo por el desarrollo del proyecto y 13 de manera indirecta, impactando a 5,264 habitantes en total.

***Tabla VII.3. Comunidades asentadas en la zona de influencia determinada por la Compañía Minera Autlán.***

| No. | Comunidad | Municipio | Impacto | Habitantes (No.) |
|---|---|---|---|---|
| 1 | Naopa | Molango de Escamilla | Directo | 558 |
| 2 | Zacuala | Molango de Escamilla | Directo | 32 |
| 3 | Ixcotla | Molango de Escamilla | Directo | 138 |
| 4 | Ocotlán | Lolotla | Directo | 34 |
| 5 | Tlaxcango | Lolotla | Directo | 42 |
| 6 | Ixcuicuila | Molango de Escamilla | Indirecto | 457 |
| 7 | Xuchitlán | Molango de Escamilla | Indirecto | 52 |
| 8 | Ixcatlán | Molango de Escamilla | Indirecto | 190 |
| 9 | Temacuil | Molango de Escamilla | Indirecto | 150 |
| 10 | Pemuxtitla | Molango de Escamilla | Indirecto | 209 |
| 11 | Tepetlapa | Molango de Escamilla | Indirecto | 76 |
| 12 | Xicalango | Molango de Escamilla | Indirecto | 41 |
| 13 | San Antonio | Molango de Escamilla | Indirecto | 681 |
| 14 | Tlatzintla | Molango de Escamilla | Indirecto | 484 |
| 15 | Tenango | Molango de Escamilla | Indirecto | 353 |
| 16 | Ixtlahuaco | Lolotla | Indirecto | 1,287 |
| 17 | Tlacozintla | Lolotla | Indirecto | 52 |
| 18 | Quetzalzongo | Tlanchinol | Indirecto | 428 |
| | | | Total | 5,264 |

Ante las limitantes que la geomorfología representa para el desarrollo de sistemas más intensivos de producción agrícolas y pecuarios en la región y la falta de otro tipo de fuentes de empleo, el crecimiento y avance de las poblaciones asentadas en la región ha sido lento y poco significativo. Ante estas limitantes y la falta de alternativas de empleo y proyectos de desarrollo, la población se ve en la necesidad de buscar alternativas en otras regiones, nacional e internacionalmente. Aún con las limites que tiene el desarrollo de actividades agropecuarias, se prevé que estas seguirán practicándose en la región, tanto por la alternativa que representa para obtener bienes y servicios, como por la tradición que estos sistemas representan en la región.

El proyecto representa una fuente de empleo alternativa, desarrollo económico regional, mantenimiento de la cohesión social y familiar y de aprendizaje en la protección y conservación del medio ambiente.

En los próximos años no se espera un cambio significativo en la composición de uso de suelo y vegetación en el área bajo análisis, considerando que las actividades mineras continuarán en las áreas bajo aprovechamiento autorizado, mejoramiento de las metodologías de explotación minera que llevan a reducir los impactos ambientales con el paso de minería a cielo abierto a subterránea, y las actividades mineras continúan siendo una fuente importante de empleo. La propuesta del proyecto que se somete a evaluación viene a fortalecer el compromiso de la empresa en modernizar sus procedimientos en la búsqueda de la sostenibilidad que tanto se demanda en nuestra sociedad.

A un nivel un poco más local, alrededor del área del proyecto se espera que se continúe con la recuperación de las áreas una vez utilizadas para las actividades agropecuarias. El desarrollo de las actividades mineras que tiene lugar en el SAR está enfocado en los límites del predio del proyecto, sin llegar a afectar directamente la totalidad del SAR.

Por otro lado, hay que hacer notar que en la actualidad la región basa su desarrollo económico en la actividad minera, siendo ésta el motor que ha llegado a mover la región social y económicamente, girando en torno a ella otras actividades, como el de la construcción, infraestructura, alimentos, servicios, comercio, transporte, servicios financieros y servicios de apoyo a los negocios, entre otros.

Bajo la premisa descrita, el desarrollo del proyecto viene a fortalecer una de las principales actividades de la región, dándole viabilidad técnica, con soporte social y ayudando a contribuir con la búsqueda de la conservación y protección ambiental. Siendo bajo estas consideraciones que se presenta y somete al procedimiento de evaluación de impacto ambiental el presente proyecto, en el que a través de todo este documento se describe detalladamente las medidas ambientales que le dan sustento jurídico y técnico para su realización.

## VII.5. Evaluación de alternativas

No se identifican evaluaciones alternativas, ya que este planteamiento que se somete a evaluación resulta ser la opción más viable para la operación de la mina. Para este tipo de proyectos no existen alternativas de ubicación del proyecto, el minado se tiene que realizar donde se ubica el yacimiento mineral, las alternativas se buscan entre las diferentes metodologías, procesos y tecnologías disponibles para llevar a cabo la exploración y explotación minera.

Las alternativas de desarrollo que se pueden plantear para el proyecto están relacionadas con las metodologías y técnicas propuestas para llevar a cabo las actividades bajo las condiciones específicas que caracterizan la región y el yacimiento. Es en este aspecto donde el planteamiento del proyecto propone la implementación de los procesos y tecnologías socialmente más aceptables, económicamente más redituables y más amigable con el medio ambiente.

Durante el diseño del proyecto, se buscó que la ubicación de la infraestructura afectara lo menos posible la funcionalidad ambiental de la región. Se seleccionaron áreas que estuvieran aledañas a las áreas que hay que abastecer de energía, que fueran de fácil acceso y que tuvieran el mejor costo / beneficio para la empresa. Las áreas seleccionadas resultaron ser las de menor cambio geomorfológico para el desarrollo de la infraestructura, cuentan con vías de acceso aledañas, se ubican cerca del área de abastecimiento de energía y no interfieren con las actividades mineras llevadas a cabo por la empresa.

## VII.6. Conclusiones

El proyecto integral para la exploración y explotación mineral **“Distrito Minero Autlán”** generará, como cualquier otro proyecto de esta naturaleza, impactos ambientales adversos y benéficos en el medio ambiente en el que se inserta. La mayor parte de los impactos adversos serán prevenidos y mitigados, siendo algunas de las medidas más importantes los controles para disminuir las emisiones de polvo, la debida impermeabilización y contención de todas las áreas donde se manejen sustancias químicas y soluciones de proceso, para funcionar como un circuito cerrado con cero descargas al entorno natural. Así también, el plan de acomodo del material estéril y del material con bajo contenido mineral (lamas) está estratégicamente planeado y acondicionado para prevenir la afectación de cuerpos de aguas superficiales, alterar lo menos posible los flujos superficiales de agua que se tienen durante la época de lluvias y prevenir la contaminación del agua de los cuerpos de agua superficiales temporales presentes.

Otro aspecto importante para reducir la afectación ambiental es la combinación de minería de cielo abierto con minería subterránea. Esta estrategia de minado previene y mitiga diversos impactos al ambiente al conservar la cubierta terrestre del área bajo explotación y realizar parte de las afectaciones en el subsuelo.

De la valoración realizada a los impactos ambientales potenciales a generarse, se estimó que existirán impactos positivos de los que, dadas las condiciones socioeconómicas de la zona, han de ser potenciados. Los negativos, al ser prevenidos, mitigados y compensados, se tendrían impactos residuales y acumulativos de baja magnitud y significancia.

Partiendo de lo anteriormente expuesto, se tiene como escenario que:

- El proyecto incorpora las mejores tecnologías y prácticas para lograr sus objetivos técnicos y ambientales, así como para dejar la menor huella ecológica posible.
- El proyecto no representa riesgos a poblaciones de especies protegidas, no se prevé la generación de afectaciones significativas que pudieran desencadenar un desequilibrio ecológico. Tampoco implica la fragmentación mayor de algún ecosistema y no conlleva riesgos para las poblaciones aledañas, todo lo contrario, implica generación de empleos, directos e indirectos, satisfacción de un servicio a la población de menor impacto ambiental al predominante actualmente en la región, mejorando un ambiente de respeto por el medio ambiente.
- El proyecto incorpora medidas de prevención y mitigación para la mayor parte de los impactos ambientales que causa, incluyendo los sociales, a excepción de los que por su naturaleza son persistentes (residuales), sin embargo, no representan repercusiones graves en el SAR. En éstos se tienen principalmente el impacto permanente sobre la geomorfología, en cuanto a la modificación del relieve lo que a su vez se refleja en el paisaje.
- Las medidas y estrategias tendientes a la prevención y mitigación de los impactos ambientales identificados, propuestas en este documento, son técnicamente posibles, financieramente viables y admiten seguimiento y documentación.
- La magnitud de los daños que se pudieran generar con el desarrollo del proyecto no rebasa a los beneficios esperados; es decir, son de mayor relevancia los beneficios a la sociedad que los perjuicios al ambiente, ya que éstos serán prevenidos o mitigados a través de las medidas de mitigación y compensación propuestas.
- El proyecto del distrito minero no pone en riesgo la seguridad, ni la salud de los habitantes de las comunidades.
- El proyecto no compite por recursos de suelo y agua con otros usos actuales y futuros. Actualmente, la limitante que implica la conformación geomorfológica en la región ha limitado fuertemente el desarrollo de sistemas de producción agrícolas y pecuarios más intensivos. En cuanto a usos futuros, no se prevé el desarrollo de proyectos industriales o habitacionales, ni la expansión fuerte de la ganadería y de la agricultura. Esta es una zona rural con pocas opciones de desarrollo.
- Los elementos proporcionados a la autoridad ambiental a través de la información proporcionada a lo largo de la presente MIA-R permiten determinar que la aplicación de las medidas ambientales propuestas favorecerá la conservación de los recursos abióticos y bióticos de los ecosistemas insertos en el polígono del SAR. Además, la implementación del proyecto representa un beneficio económico y social para la población de las comunidades de la región bajo influencia directa e indirecta del proyecto.

En virtud de lo anteriormente expuesto, se tiene que el proyecto se considera como ambientalmente viable, compatible con la naturaleza y vocación del sistema ambiental regional en el que se ve inserto, así como congruente con los ordenamientos jurídicos vigentes y aplicables para el sitio del proyecto.

MIA

Manifestación de Impacto Ambiental Modalidad Regional

AUTLAN®

# Capítulo VIII.

## Identificación de los instrumentos metodológicos y elementos técnicos que sustentan los resultados de la manifestación de impacto ambiental

SANAT

Soluciones en Gestión Ambiental



Distrito Minero AUTLÁN

# ÍNDICE GENERAL

VIII. Identificación de los instrumentos metodológicos y elementos técnicos que sustentan la información presentada en la manifestación de impacto ambiental. ..... 1
VIII.1. Presentación de la información ..... 1
VIII.1.1. Cartografía: ..... 1
VIII.1.2. Fotografías ..... 2
VIII.1.3. Videos ..... 2
VIII.2. Otros anexos ..... 2
VIII.2.1. Memorias ..... 2
VIII.2.1.1. Documentos legales ..... 2
VIII.2.1.2. Cartografía consultada ..... 2
VIII.2.1.3. Diagramas y otros gráficos ..... 2
VIII.2.1.4. Imágenes de satélite. ..... 2
VIII.2.1.5. Resultados de análisis de laboratorio acreditado ante la Entidad Mexicana de Acreditación (EMA). 3
VIII.2.2. Resultados de análisis y/o trabajos de campo y gabinete ..... 3
VIII.2.2.1. Delimitación del Sistema Ambiental Regional (SAR), Área de Influencia y Área de Proyecto ..... 3
VIII.2.2.2. Erosión del suelo en el SAR y el Proyecto (AP) ..... 3
VIII.2.2.3. Captación y filtración de agua ..... 4
VIII.2.2.4. Muestreo de la vegetación ..... 4
VIII.2.2.5. Muestreo de la fauna ..... 5
VIII.2.3. Explicación de modelos matemáticos que incluyan sus supuestos o hipótesis. ..... 7
VIII.2.4. Análisis estadísticos. ..... 7
VIII.2.4.1. Índice de Valor de Importancia ..... 7
VIII.2.4.2. Índice de Diversidad ..... 11
Diversidad faunística en el área de influencia de la Unidad Minera Naopa ..... 12
Diversidad faunística en el área de influencia de la Unidad Minera Nonoalco ..... 14
VIII.2.5. Estudios Técnicos ..... 15
VIII.2.6. Programas ..... 15
VIII.2.7. Literatura consultada en la elaboración de la Manifestación de Impacto Ambiental (MIA-R) ..... 16
VIII.2.8. Glosario de términos ..... 22

# INDICE DE FIGURAS

Figura VIII. 1. Índice de valor de importancia de las especies arbóreas de flora silvestre identificadas en el área de influencia de la Unidad Minera Molango. ..... 8

Figura VIII. 2. Índice de valor de importancia de las especies evaluadas arbóreas y arbustivas de flora silvestre identificadas en el área de influencia de la Unidad Minera Naopa. ..... 9

Figura VIII. 3. Índice de valor de importancia de las especies arbóreas de flora silvestre identificadas en el área de influencia de la Unidad Minera Nonoalco. ..... 10

Figura VIII. 4. Rango-abundancia para las especies de aves determinadas en el área de influencia de la Unidad Minera Molango. ..... 12

Figura VIII. 5. Rango-abundancia para las especies de aves determinadas en el área de influencia de la Unidad Minera Naopa. ..... 13

Figura VIII. 6. Rango-abundancia para las especies de aves determinadas en el área de influencia de la Unidad Minera Nonoalco. ..... 15

# VIII. Identificación de los instrumentos metodológicos y elementos técnicos que sustentan la información presentada en la manifestación de impacto ambiental.

## VIII.1. Presentación de la información

Compañía Minera Autlán, en cumplimiento a lo solicitado presenta:

Manifestación de Impacto Ambiental en:

- 1 impreso del Resumen Ejecutivo en formato Word y Acrobat *.pdf.
- 1 impreso del documento " Manifestación de Impacto Ambiental, Proyecto: " Compañía Minera Autlán. Transición hacia mina subterránea", en formato Word y Acrobat *.pdf.
- Carpeta de anexos, algunos impresos, otros con la leyenda de que se incluyen únicamente de manera electrónica por un uso responsable del papel.

2 memorias USB con la información en formato electrónico del estudio de impacto ambiental, con sus anexos; una de las memorias con la leyenda para consulta pública.

### VIII.1.1. Cartografía:

La cartografía utilizada tiene como base la información con la que cuenta el INEGI, CONABIO, CONANP el SGM y el CENAPRED para las características edáficas, fisiográficas, climáticas, hidrográficas, etc., mismas que quedaron debidamente referenciadas en el desarrollo de los Capítulos; a continuación, se presenta el listado de algunas de las cartas empleadas.

- Ubicación geográfica de la Unidad Minera Autlán en el estado de Hidalgo. Localización del Distrito Minero Molango
- Proceso de definición del sistema ambiental regional para el desarrollo del proyecto considerando la distribución y conformación de las UGA del Programa de Ordenamiento Ecológico Territorial del Estado de Hidalgo. Zona Mineralizada Naopa
- Ubicación del SAR definido para el desarrollo del proyecto con respecto a la división correspondiente con las provincias fisiográficas definidas por el INEGI para el territorio nacional.
- Ubicación del SAR del proyecto con respecto a la AICA Tlanchinol-Bosque de Montaña del Noroeste de Hidalgo.
- Climograma construido con la base de datos de la estación meteorológica Zacualtipán (SMN), ubicada en el municipio de Zacualtipán de Ángeles, Hgo.
- Número de días con granizo en el polígono del SAR de acuerdo con la carta elaborada por el CENAPRED.
- Proporción poblacional de los municipios del estado de Hidalgo involucrados en la conformación del SAR de acuerdo con el censo de población y vivienda realizado por el INEGI en el año 2020.

### VIII.1.2. Fotografías

Dentro del desarrollo de los capítulos, se incluyen fotografías de las instalaciones al interior del predio, del paisaje característico de la zona de proyecto, así como de las especies predominantes de flora y fauna, tanto en el área del proyecto como en el Sistema Ambiental Regional.

De igual forma se incluye de manera electrónica el compendio fotográfico para el Capítulo II y Capítulo IV. Cabe señalar que todas las fotografías del Capítulo II se encuentran georreferenciadas.

### VIII.1.3. Videos

Se presenta video complementario a la información presentada como parte de la presente MIA-R

## VIII.2. Otros anexos

### VIII.2.1. Memorias

#### VIII.2.1.1. Documentos legales

Se presenta la documentación legal pertinente en copia simple, incluyendo poder del Representante Legal, Acta constitutiva de la empresa promovente, entre otras.

#### VIII.2.1.2. Cartografía consultada

Para la elaboración de cartografía del Proyecto se consultó la información generada y disponible de INEGI, CENAPRED, CONABIO, CONANP, INECC y el SGM.

#### VIII.2.1.3. Diagramas y otros gráficos

Los diagramas y gráficos se integran como parte de la información técnica del proyecto y también como parte del documento MIA-R en sus capítulos previos.

#### VIII.2.1.4. Imágenes de satélite.

Fueron empleadas imágenes de satélite para la elaboración de esta MIA-R, al igual que se contó con ortofotos procesadas de sobrevuelos realizados por dron.

### VIII.2.1.5. Resultados de análisis de laboratorio acreditado ante la Entidad Mexicana de Acreditación (EMA).

Se cuentan con los Estudios de Laboratorio avalados por algún laboratorio acreditado por la EMA; mismos que se pueden consultar en los anexos del Capítulo II de la presente MIA-R.

## VIII.2.2. Resultados de análisis y/o trabajos de campo y gabinete

A continuación, se describen brevemente los métodos empleados durante la elaboración y análisis de la información técnica que contiene la MIA-R. Dichas metodologías provienen del Capítulo IV, donde se describen con mayor detalle y que puede ser consultado como parte de esta MIA-R.

### VIII.2.2.1. Delimitación del Sistema Ambiental Regional (SAR), Área de Influencia y Área de Proyecto

Se determinó que el SAR debía coincidir, en la medida de lo posible, con la delimitación de las cuencas hidrográficas donde la Compañía Minera Autlán tiene incidencia, ya que las cuencas ayudan a tener límites bien definidos de carácter natural y funcional adecuados definir una región de asentamiento. Así, el SAR definido para el Proyecto abarca una superficie de 38,998.68 hectáreas.

El área de influencia del Proyecto (AI) se definió tomando en cuenta la distribución de las áreas operativas de la Unidad Minera Autlán. En este caso, la unidad minera se dividió en sus tres principales unidades nombradas de norte a sur del SAR, la norte corresponde a la Unidad Minera Molango, la central a la Unidad Minera Naopa y la sur a la Unidad Minera Nonoalco. El área de influencia de la Unidad Minera Molango (área de influencia norte) comprende 21,73.60 ha del SAR, la de mayor superficie, seguida del área de la Unidad Minera Naopa (área de influencia centro) con 9,463.06 ha de SAR y la Unidad minera Nonoalco con 8,062.01 ha del SAR.

Finalmente, el Área del Proyecto (AP) está conformada por las superficies que abarcan las obras previamente autorizadas, áreas previas a la LGEEPA, áreas nuevas y áreas de interés de exploración; que se acota a 9941.6822 ha.

### VIII.2.2.2. Erosión del suelo en el SAR y el Proyecto (AP)

Para la evaluación de la erosión actual en el SAR y en el AP se tomó como base información obtenida de SEMARNAT para realizar el análisis de los tipos de suelo, erosión y la incidencia sobre el proyecto.

Como grupos primarios de suelo, los leptosoles es el grupo de suelos que tiene mayor representación con 27,407.36 ha de las 38,998.68 ha del SAR, es decir, el 70.28% del polígono. En segundo lugar, se ubica el grupo de suelo de los luvisoles, presentes en el 21.04% del SAR, seguido por los feozems con el 7.68%. Finalmente, el Umbrisol léptico solo se encuentra presente en 328.87 ha, el 0.84% del área.

El caso de las áreas en las que se actuaría para la realización de las actividades mineras, y de su infraestructura de apoyo, se trata de áreas que caen dentro de la clasificación de áreas de exclusión y áreas con degradación química por contaminación. Se trata de áreas que fueron habilitadas con obras de apoyo y de servicio para las actividades

mineras, además de encontrarse cercana a áreas con infraestructura de bienes y servicios asociados, como vías de comunicación, así como de zonas urbanizadas.

En el estado de Hidalgo, también la degradación química resultó ser la que abarca mayor superficie de afectación, manifestándose este problema en 554,149.25 ha de las 2'065,455 ha totales del estado, es decir, en el 26.83% de la superficie estatal, siendo originada por la declinación de la fertilidad y reducción del contenido de materia orgánica debido a las actividades agrícolas. En segundo lugar, se encuentra la degradación por erosión hídrica, cubriendo el 6.37% de la superficie estatal, esta debido a las actividades agrícolas que ocasiona la pérdida de suelo superficial. La degradación del suelo ocasionada por la erosión eólica cubre solo el 5.41% del estado y la degradación física el 3.82%, esta última manifestada por la compactación del suelo debido al sobrepastoreo de las actividades ganaderas.

El SAR definido para el proyecto presenta problemas de degradación del suelo en un 32.16% del polígono. Se tiene la degradación física por compactación en grado ligero, ocasionada por el sobrepastoreo. El área con este tipo de degradación física del suelo se concentra principalmente en la parte central del polígono, en el área de influencia de la Unidad Minera Naopa, además de una pequeña superficie al sureste del SAR.

### VIII.2.2.3. Captación y filtración de agua

La ecuación universal de pérdida de suelo revisada, ampliamente conocida como ecuación RUSLE, tiene la siguiente expresión matemática (Renard et al., 1997):

$$A= R*K*LS*C*P$$

Finalmente, mediante una multiplicación de los cuatro mapas resultantes (factores R, K, LS y C) en el álgebra de mapas, se obtiene una representación gráfica de las áreas de mayor presión por erosión hídrica en el sistema.

Para el mapa de erosión hídrica se utilizaron cuatro rangos para clasificar el grado de pérdida de suelo, los cuales van desde una pérdida de suelo muy baja, menos de 10 t $ha^{-1}$ $a^{-1}$, a extrema, más de 250 t $ha^{-1}$ $a^{-1}$. Esta escala de clasificación de la pérdida de suelo es una modificación que se hizo a la presentada por Montes–León et al. (2011). Esta consistió en fraccionar la que ellos denominaron como baja (pérdida de suelo menor a 50 t $ha^{-1}$ $a^{-1}$), en las clasificaciones baja (pérdida de suelo entre 10 y 50 t $ha^{-1}$ $a^{-1}$) y muy baja (pérdida de suelo menor a 10 t $ha^{-1}$ $a^{-1}$).

La estimación de la pérdida de suelo por efectos hídricos en el SAR realizada arrojó que la erosión hídrica potencial dominante en el área delimitada es la pérdida de suelo hídrica de <10 y hasta < 50 t $ha^{-1}$ $a^{-1}$, lo que se considera como de muy baja y baja pérdida de suelo por erosión hídrica. Sin embargo, también resultaron áreas con potencial de pérdida de suelo superior a los 250 t $ha^{-1}$ $a^{-1}$.

### VIII.2.2.4. Muestreo de la vegetación

Para conocer la estructura y composición de la vegetación en el área de SAR se diseñó e implementó un muestreo para caracterizar la diversidad florística en la región. La planeación del muestreo tomó en consideración el polígono del SAR, la diversidad y distribución de las comunidades vegetales mencionadas en la carta de usos de suelo y vegetación, escala 1:250,000, serie VII del INEGI.

Para el muestreo se implementó un muestreo sistemático a ejecutarse en tres tiempos. El polígono del SAR se dividió en tres zonas, acorde con la distribución de la realización de las obras y actividades consideradas en el presente estudio, cada una a muestrearse en cada uno de los tiempos de muestreo considerados en la planeación. Cada zona se subdividió, a su vez, en subáreas y cuadrantes de 1.0 $km^2$, cuadrante en el cual se ubicó un sitio de muestreo acorde con el grado de conservación de la vegetación presente. Este diseño se seleccionó con la finalidad de asegurar una mayor cobertura y representatividad del área de muestreo, lo que lleva, al final, a tener una caracterización más precisa de la diversidad florística de la región.

El muestreo en campo, dentro de cada cuadrante, consistió en realizar transectos lineales de 200 m con 5 m a cada lado de la línea. La ubicación de los transectos fue designada de manera estratégica dentro de los subpolígonos divididos para cada unidad (Molango, Naopa y Nonoalco), ubicándolos en la zona donde se encontrará gran parte del área forestal conservada.

En cada transecto se identificaron todos los árboles que presentaran un diámetro a la altura de pecho (DAP) ≥ 10 cm y con una altura mínima de 3.0 m. Además, en cada sitio de muestreo delimitado se realizó una búsqueda intensiva de manera dirigida para identificar ejemplares con otro hábito de crecimiento, como arbustos, herbáceas y enredaderas.

Para cada árbol se anotó la especie, DAP, cobertura y altura total del individuo. Los ejemplares que no pudieron ser identificados en campo se obtuvo un registro fotográfico, además de obtener ejemplares que fueron colectados y almacenados en prensas botánicas para su posterior identificación de acuerdo con lo propuesto por Ricker y Rincón (2013).

Los muestreos para caracterizar la flora silvestre se realizaron en tres diferentes fechas. El primero se efectuó del 04 al 09 de septiembre de 2024; el segundo del 28 de septiembre al 04 de octubre de 2024 y, el tercero tuvo lugar del 11 al 16 de noviembre de 2024.

Al final de los tres periodos de muestreo, resultó que en total de muestrearon 16 sitios de los 32 posibles. En campo se descartaron todos aquellos en los que dominaba el uso de suelo de asentamientos humanos y en los que representara un riesgo ingresar (por cuestiones de seguridad de los técnicos de campo).

### VIII.2.2.5. Muestreo de la fauna

La fauna silvestre del SAR se caracterizó mediante la realización de trabajos de campo aplicando metodologías específicas por clase. El trabajo se llevó a cabo en diferentes periodos: el primer periodo tuvo lugar del 04 al 09 de septiembre de 2024; el segundo del 28 de septiembre al 04 de octubre y, el tercero del 11 al 16 de noviembre del mismo año.

- **Anfibios y reptiles**. La búsqueda de anfibios y reptiles se realizó empleando un método de muestreo de transectos en franja a pie, utilizando las técnicas convencionales de recolecta descritas por Casas-Andreu *et al.* (1991). Dichas técnicas consisten en realizar una búsqueda en todos los microhábitats en los que se pueden encontrar estos organismos: debajo de rocas, troncos secos, dentro de agujeros en la tierra, sobre el suelo, arbustos y árboles. Los recorridos de búsqueda se realizaron en dos horarios, de 8:00 a 13:00 horas

y de 16:00 a 20:00 horas, registrando todos los organismos observados en el transecto, a través del método de conteo visual.

Para determinación taxonómica de todas las especies observadas en los transectos de muestreo se realizó con la ayuda de literatura especializada y utilizando las claves taxonómicas de Flores-Villela *et al*. (1995).

- **Aves**. Para el registro de las especies de aves se empleó la técnica de detección visual, colecta fotográfica, redes de niebla e identificación por canto.

  Ambas implican recorrer diversos senderos, caminos y/o rutas, en las cuales se observa a los ejemplares de las diferentes especies en los diversos hábitats presentes, con ayuda de binoculares de largo alcance y la toma de fotografías. La observación se realiza durante las horas de mayor actividad, es decir, en las primeras horas de la mañana y hacia el final de la tarde.

  Para caracterizar la composición y abundancia de la comunidad de aves en el SAR, se designaron 38 puntos de conteo de 30 m de radio fijo separados por al menos 200 m, esto para asegurar la independencia de los datos obtenidos (Hutto *et al*., 1986; Ralph *et al.*, 1996). Estos fueron visitados en días en los que no se presentaran lluvias, que no estuviera nublado y durante las primeras horas después del amanecer, ya que este lapso coincide con el horario de mayor actividad de las aves (Gilardi y Munn, 1998). Además, los puntos fueron establecidos en zonas alejadas del tránsito humano y con niveles bajos de ruido, esto para evitar que las aves fueran ahuyentadas y así facilitar la identificación auditiva de sus cantos.

  En cada punto de conteo se registraron todas las especies observadas y escuchadas durante un periodo de 15 minutos y la cantidad de individuos observados o escuchados cuando se tenía la certeza de que fueran individuos diferentes. La identificación de aves se realizó utilizando guías de campo especializadas, binoculares y grabaciones de cantos para la correcta identificación de las especies presentes.

  Para la identificación de las especies de este grupo se emplearon las guías ilustradas de Van Perlo (2006), Peterson y Chalif (2008), Steve y Webbs (2010), Sibley (2003) y la guía de Howell y Webb (1995).

- **Mamíferos**. Para el registro de especies de mamíferos se utilizan dos técnicas diferentes:

  - Registros directos. Durante los recorridos por los diversos hábitats, observar e identificar algunas especies de mamíferos, mismas que se determinan con el uso de guías de organismos para el país y para la región.

  - Registros indirectos. Este tipo de registro se divide en dos partes: observación de huellas y/o detección de rastros (excretas, marcas en troncos, "rascaderos, madrigueras, entre otros) y la colecta fotográfica que se realizó mediante cámaras trampa.

- Los muestreos correspondientes a este grupo se realizaron del 04 de septiembre al 16 de diciembre de 2024. Este grupo fue muestreado a través de métodos directos e indirectos.

  El muestreo directo consistió en la realización de transectos dentro de los subpolígonos para la búsqueda activa de huellas y excretas, esto con la intención de reconocer pasos de fauna, madrigueras y zonas de descanso de mamíferos. Para la instalación de las cámaras trampa se consideraron zonas despejadas que estuvieran cercanas a los rastros de actividad de los organismos. Los dispositivos fueron colocados en troncos a 50 cm de altura y manteniendo una distancia mínima de tres metros entre la cámara y el rastro identificado. Adicionalmente, en las zonas de enfoque, se colocaron cebos atractivos para las distintas especies (ej. esencia de vainilla, comida comercial para gatos, sardina y atún). En total se colocaron 25

dispositivos distribuidos en tres visitas: nueve cámaras durante el primer muestreo en el área de la Unidad Minera Molango (04 de septiembre al 28 de septiembre de 2024), y ocho cámaras en cada uno de los muestreos realizados en las áreas de las unidades mineras Naopa (29 de septiembre al 11 de noviembre de 2024) y Nonoalco (11 de noviembre al 16 de diciembre de 2024).

Las imágenes obtenidas fueron analizadas bajo un criterio que garantiza la independencia temporal de las observaciones y evita la sobreestimación del número de registros por especie. Para ello, se estableció un intervalo mínimo de 24 horas entre cada registro (Chávez *et al.* 2013). Además, para evitar contabilizar al mismo individuo más de una vez, solo se asumió la presencia de individuos diferentes cuando la fotografía mostraba claramente más de un organismo en la misma imagen. Es importante mencionar que, en ningún momento, se tiene la garantía de que los registros correspondan a individuos distintos entre diferentes observaciones, ya que no se utilizó ningún método específico para asegurar dicha distinción.

Adicionalmente, se instalaron trampas de captura para mamíferos pequeños y medianos tipo Sherman y Tomahawk. Estas fueron dispuestas al ras del suelo para los organismos con hábitos terrestres; además, se colocaron algunas trampas en ramas de los árboles para la captura de individuos con comportamiento arborícola.

Para la identificación taxonómica de los mamíferos observados, se emplearon las claves de identificación de Anderson (1972), Jiménez-Guzmán *et al*. (1999), Guía de campo de Aranda (2012) y Ceballos y Oliva (2005).

### VIII.2.3. Explicación de modelos matemáticos que incluyan sus supuestos o hipótesis.

Dadas las características del Proyecto, no fue necesario el elaborar modelos matemáticos para el mismo.

### VIII.2.4. Análisis estadísticos.

Las pruebas realizadas a los datos biológicos obtenidos en campo (vegetación y fauna) se detallan en los siguientes puntos:

#### VIII.2.4.1. Índice de Valor de Importancia

**Índice de valor de importancia de la flora silvestre en el área de influencia de la Unidad Minera Molango**

Al ser el Índice de Valor de importancia (IVI) un valor ponderado de la estructura de una comunidad vegetal en el que se jerarquizan las especies de acuerdo con su abundancia, frecuencia y dominancia, podemos identificar aquellas especies que son de importancia ecológica para la estructuración de los sistemas vegetales de la región. Tomando en cuenta los valores de dominancia, frecuencia y abundancia relativas, en este caso, las especies que muestran bajos valores de IVI indican que son especies de menor dominio florístico y, por otro lado, las especies con un IVI alto son las principales para estructurar la vegetación bajo estudio. (Figura. VIII. 1)

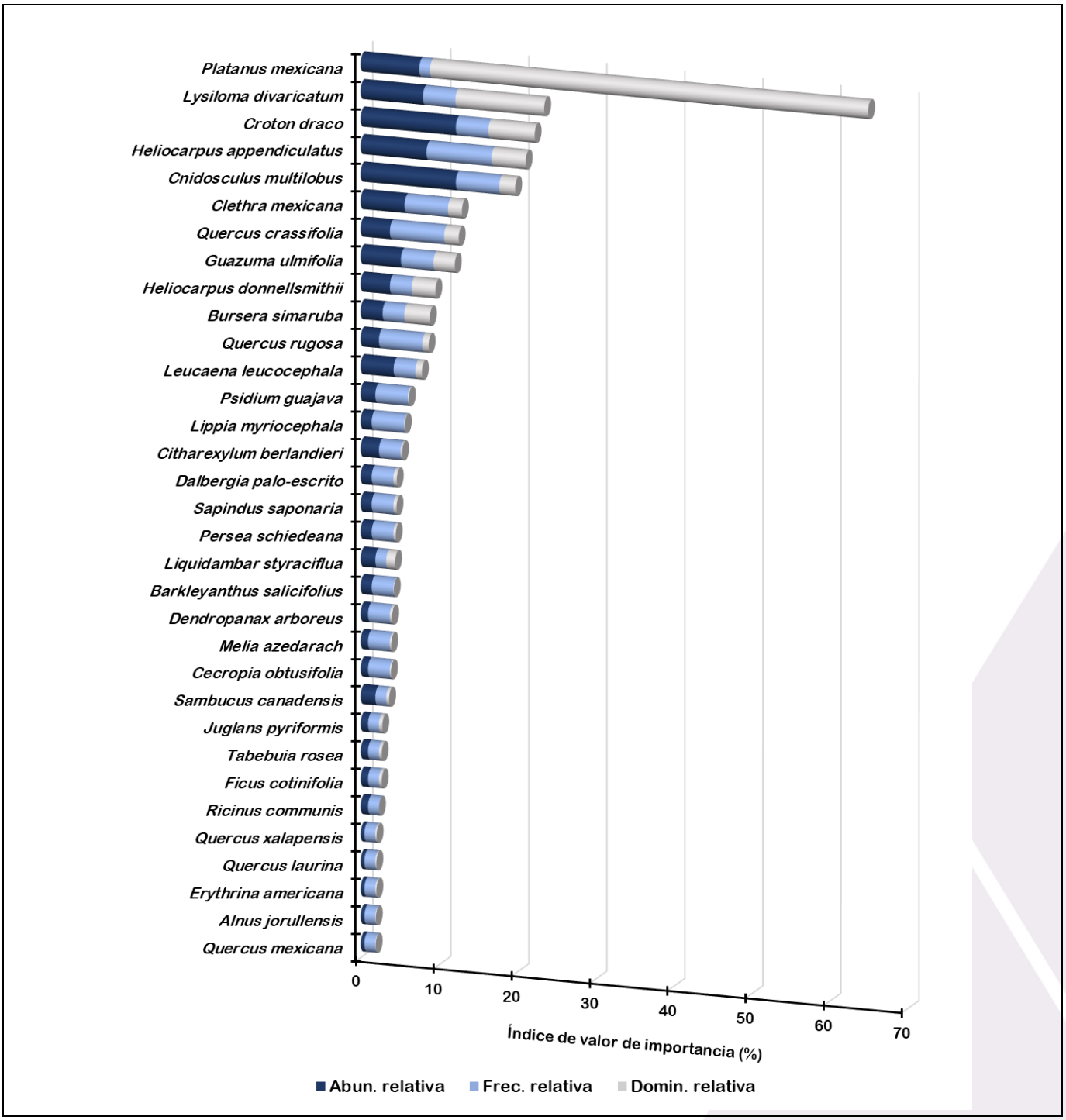



*Figura VIII. 1. Índice de valor de importancia de las especies arbóreas de flora silvestre identificadas en el área de influencia de la Unidad Minera Molango.*

**Índice de valor de importancia de la flora silvestre en el área de influencia de la Unidad Minera Naopa**

Las especies arbóreas y arbustivas que se pudieron evaluar y que presentaron un mayor IVI fueron: liquidámbar (*Liquidambar styraciflua*), encino blanco (*Quercus crassifolia*), colorín (*Erythrina americana*), palo escrito (*Dalbergia palo-escrito*) y aile (*Alnus jorullensis*) (Figura VIII.2).

Las especies que presentaron una mayor abundancia relativa fueron el liquidámbar (*L. styraciflua*) y el encino blanco (*Q. crassifolia*), por lo que se puede encontrar una gran cantidad de individuos de estas especies en esta zona de muestreo. Por otro lado, otras especies como el aile (*A. jorullensis*) y palo escrito (*D. palo-escrito*) no presentaron valores de frecuencia relativa tan altos, aunque sí obtuvieron un valor alto de abundancia relativa, lo que se interpreta como que estas especies se pueden encontrar distribuidas a manera de parches dentro de la zona de estudio.

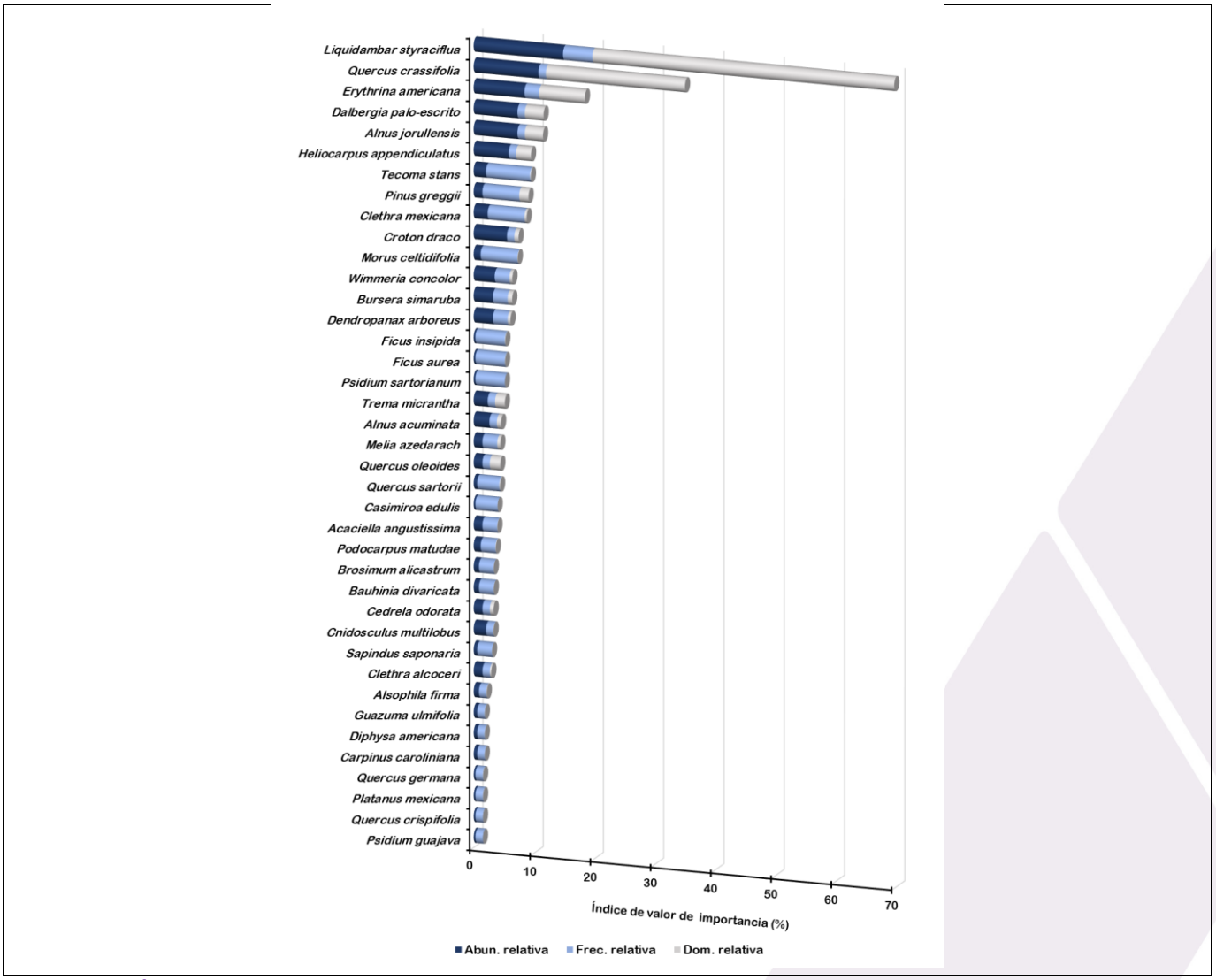



***Figura VIII. 2. Índice de valor de importancia de las especies evaluadas arbóreas y arbustivas de flora silvestre identificadas en el área de influencia de la Unidad Minera Naopa.***

**Índice de valor de importancia de la flora silvestre en el área de influencia de la Unidad Minera Nonoalco**

Las especies evaluadas arbóreas y arbustivas que presentaron un mayor IVI fueron: álamo blanco (*Platanus mexicana*), aile (*Alnus acuminata*), liquidámbar (*Liquidambar styraciflua*), y fresno mexicano (*Fraxinus uhdei*) y encino amarillo (*Quercus oleoides*) (Figura Vlll.3). La especie con valores más altos de dominancia fue el álamo blanco (*P. mexicana*), principalmente por el gran tamaño que puede presentar, llegando casi a los 40 m de altura. Esta especie es característica de la comunidad vegetal conocida como Bosque de Galería, fundamental para los procesos ecológicos e hidrológicos que se llevan a cabo en este tipo de bosques.

Por otro lado, especies como liquidámbar (*L. styraciflua*), fresno (*F. uhdei*) y encino amarillo (*Q. oleoides)* son especies de gran importancia fisionómica para la estructuración de las comunidades vegetales asociadas al Bosque Mesófilo de Montaña, siendo especies que, por su gran tamaño y valores altos de frecuencia y abundancia, fungen como pioneras para la estructuración de este tipo de vegetación.

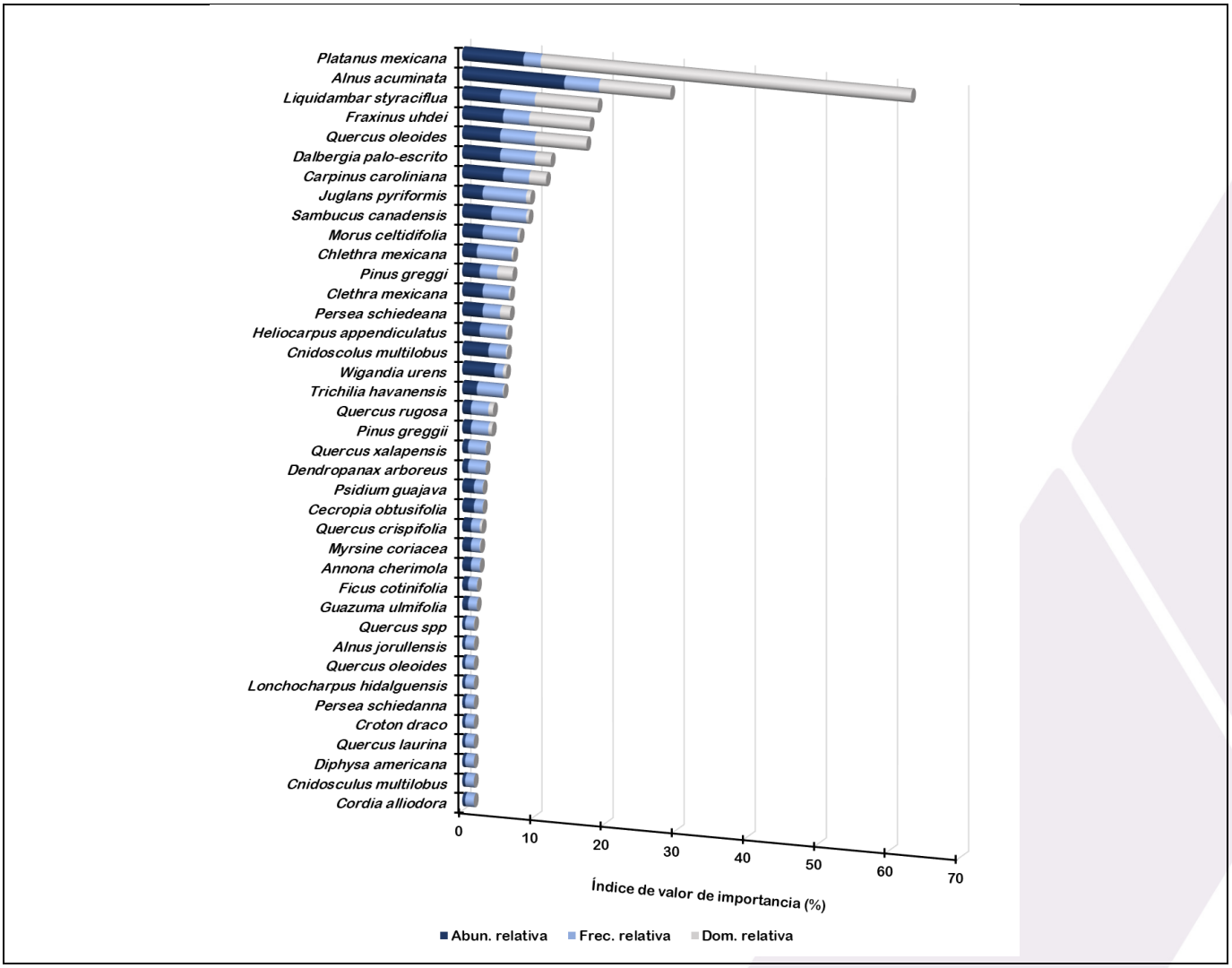



***Figura VIII. 3. Índice de valor de importancia de las especies arbóreas de flora silvestre identificadas en el área de influencia de la Unidad Minera Nonoalco.***

### VIII.2.4.2. Índice de Diversidad

Las gráficas de rango-abundancia son herramientas valiosas para interpretar la estructura y composición de una comunidad ya que permiten visualizar la distribución de la abundancia entre las especies que la conforman. En el caso de las especies determinadas en esta región, la pendiente de la curva no presenta un descenso pronunciado, y los cambios en las abundancias entre especies son graduales, lo que sugiere una distribución más equitativa entre especies dentro de la comunidad.

**Diversidad de anfibios y reptiles en la región de la Unidad Minera Molango**

Se encontró un total de cuatro individuos de anfibios pertenecientes a tres especies diferentes, una rana (*Eleutherodactylus cystignathoides*) y dos sapos (*Rhinella marina* e *Incilius nebulifer*). Los ejemplares de estas especies se encontraron en la vegetación secundaria, en un área donde la humedad y cobertura vegetal eran favorables para estos organismos.

**Diversidad de mamíferos en el área de influencia de la Unidad Minera Molango**

En esta región se determinó la presencia de seis especies de mamíferos, pertenecientes a cuatro órdenes, seis familias y mismo número de géneros. El total de registros fue de 13, siendo el armadillo nueve bandas (*Dasypus novemcinctus*) la especie con mayor número de registros con cinco, seguida de la ardilla (*Sciurus aculatus*) y la zorra gris (*Urocyon cinereoargenteus*) con tres y dos observaciones directas. El resto de las especies solo tuvieron una sola observación o registro.
De las seis especies, solo el tigrillo (*Leopardus wiedii*) se encuentra dentro de las categorías de protección de la NOM-059-SEMARNAT 2010 bajo el estatus de *en peligro de extinción*; además, también se incluye en la categoría de Casi amenazada (NT) de la lista roja de la UICN.

**Diversidad avifaunística en el área de influencia de la Unidad Minera Molango**

La riqueza específica registrada en el área de influencia de la Unidad Minera Molango fue de 58 especies distribuidas en 11 órdenes, 25 familias y 49 géneros. La familia más representativa fue Tyrannidae, con 8 especies, seguida de Turdidae y Vireonidae, con 4 especies cada una. Otras familias destacadas incluyeron Cardinalidae, Icteridae, Passerellidae, Thraupidae y Picidae, con 3 especies cada una. De las 18 familias restantes, nueve estuvieron representadas por dos especies y las otras nueve solo por una.

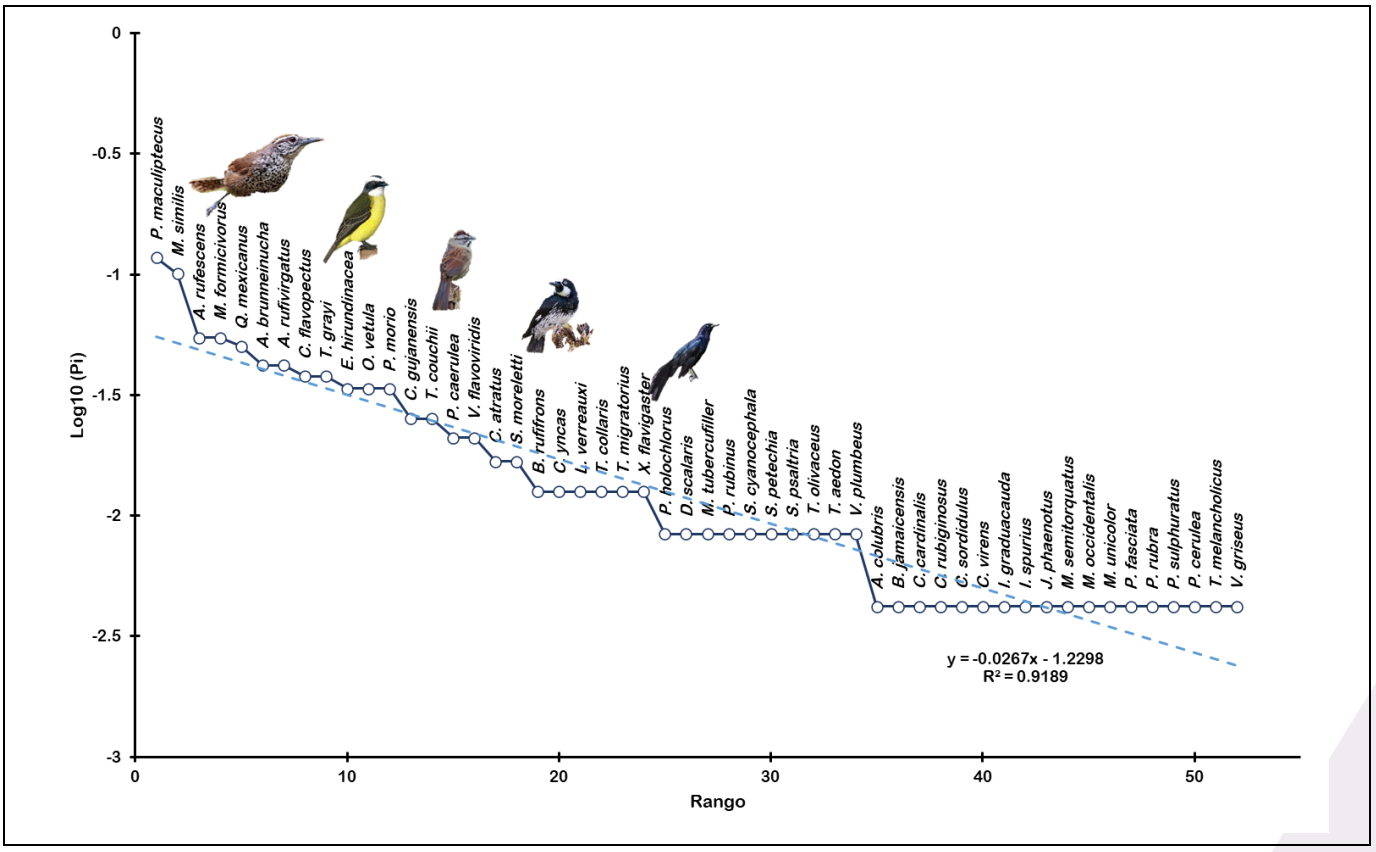



*Figura VIII. 4. Rango-abundancia para las especies de aves determinadas en el área de influencia de la Unidad Minera Molango.*

## Diversidad faunística en el área de influencia de la Unidad Minera Naopa

En el área de influencia de la Unidad Minera Naopa se determinó la presencia de 87 especies de fauna silvestre, dividida en tres anfibios, dos reptiles, 11 mamíferos y 71 aves (Tabla VIII.4).

### Diversidad de anfibios y reptiles en el área de influencia de la Unidad Minera Naopa

Se encontró un total de 45 individuos de anfibios pertenecientes a tres especies diferentes, 11 ranas leopardo (*Lithobates berlandieri*), 26 ejemplares de sapo nebuloso (*Incilius nebulifer*) y ocho individuos de sapo de pino (*Incilius occidentalis*). Los ejemplares de estas especies se encontraron en la vegetación secundaria, en un área donde la humedad y cobertura vegetal eran favorables para estos organismos. Es importante mencionar que estos resultados no implican que se tenga una abundancia representativa de la especie ya que estos muestreos fueron dirigidos.

De las tres especies de anfibios determinadas en la región, solo la rana leopardo (*L. berlandieri*) se encuentra dentro de la lista de especies en categoría de riesgo de la NOM- 059-SEMARNAT-2010, clasificada como especie sujeta a protección especial. Por otro lado, las tres especies se encuentran en la categoría de preocupación menor en la lista roja de las especies amenazadas de la UICN.

### Diversidad de mamíferos en el área de influencia de la Unidad Minera Naopa

En esta región se determinó la presencia de 11 especies de mamíferos, pertenecientes a cinco órdenes, ocho familias y 10 géneros. El total de registros fue de 93, siendo la zorra gris (*Urocyon cinereoargenteus*) la especie con mayor número de registros con 32, seguida de la ardilla (*Sciurus aureogaster*) y armadillo de nueve bandas (*Dasypus novemcinctus*) con 17 y 12 observaciones.

**Diversidad avifaunística en el área de influencia de la Unidad Minera Naopa**

La riqueza específica registrada en el área de influencia de la Unidad Minera Naopa fue de 71 especies distribuidas en 10 órdenes, 23 familias y 56 géneros. La familia más representativa fue Parulidae, con 10 especies, seguida de Tyrannidae y Vireonidae, con nueve y siete especies, respectivamente. Otras familias destacadas incluyeron Trochilidae, con cinco especies, y Columbidae, Cardinalidae y Troglodytidae con cuatro especies cada una. De las 15 familias restantes, dos estuvieron representadas por tres especies, cinco con dos y ocho solo con una.

La curva de rango-abundancia correspondiente al área de la Unidad Minera Naopa sugiere una distribución equitativa de las especies dentro de la región (Figura lllV.5). Si bien, la curva sugiere la presencia de tres especies dominantes en la comunidad (*Cardellina pusilla*, *Chlorospingus flavopectus* y *Myiozetetes similis*), la pendiente no presenta un descenso pronunciado, y los cambios en las abundancias entre especies son graduales.

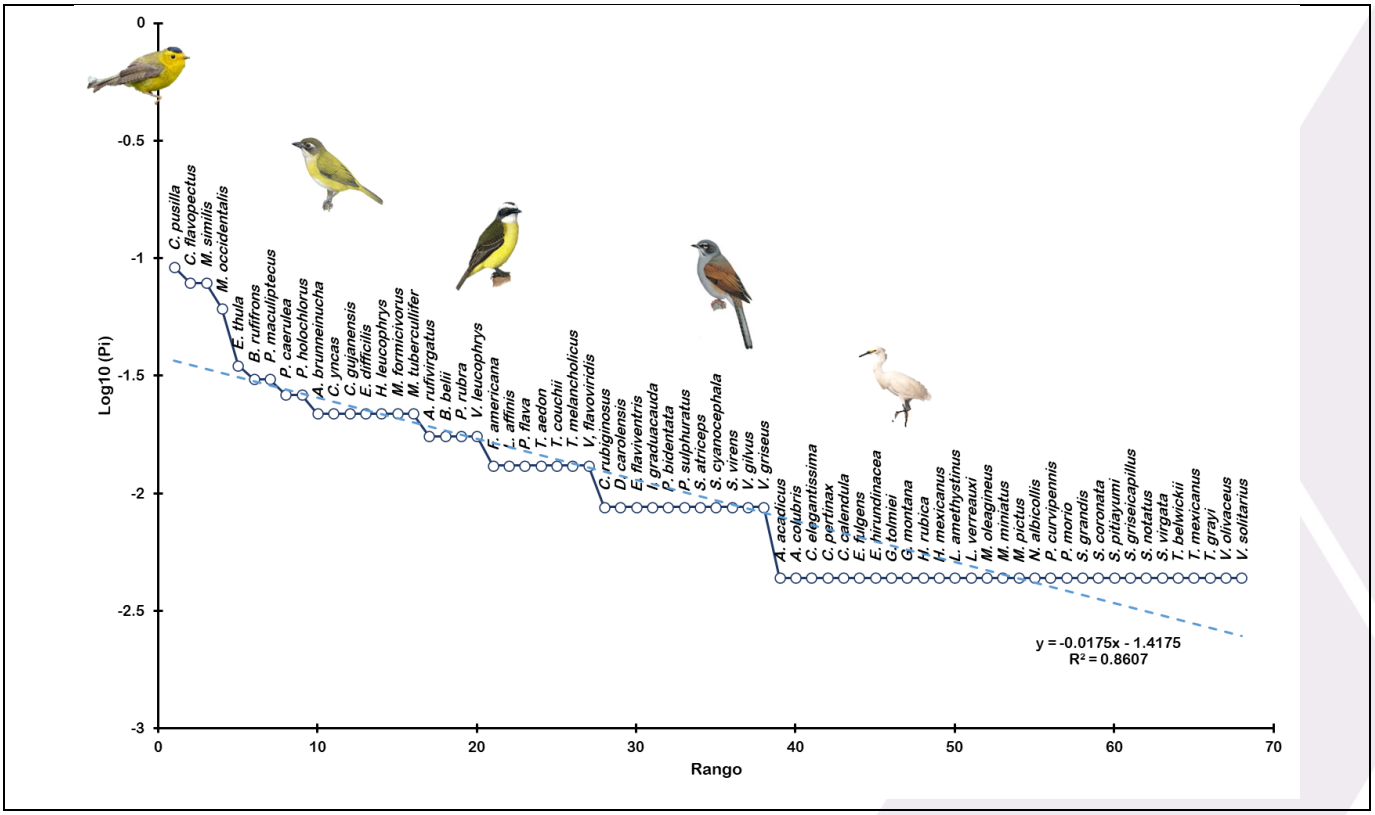



*Figura VIll. 5. Rango-abundancia para las especies de aves determinadas en el área de influencia de la Unidad Minera Naopa.*

## Diversidad faunística en el área de influencia de la Unidad Minera Nonoalco

En el área de influencia de la Unidad Minera Nonoalco se determinó la presencia de 78 especies de fauna silvestre, dividida en dos anfibios, 13 mamíferos y 63 aves. En esta región no se observó ningún reptil.

### Diversidad de anfibios en el área de influencia de la Unidad Minera Nonoalco

Se encontró un total de nueve individuos de anfibios pertenecientes a dos especies diferentes, ocho ranas leopardo (*Lithobates berlandieri*) y ejemplar de rana de dedos largos (*Lithobates spectabilis*). Los ejemplares de estas especies se encontraron asociados a cuerpos de agua.

### Diversidad de mamíferos en el área de influencia de la Unidad Minera Nonoalco

En esta región se determinó la presencia de 13 especies de mamíferos, pertenecientes a seis órdenes, 10 familias y 11 géneros, siendo el género Sciurus el único que estuvo representado por tres especies. El total de registros fue de 4. El tlacuache norteño (*Didelphis virginiana*) fue la especie con mayor número de registros con 11, seguida de la ardilla vientre rojo (*Sciurus aureogaster*), con ocho observaciones, y el mapache (*Procyon lotor*) y zorra gris (*Urocyon cinereoargenteus*) con cuatro observaciones cada especie.

### Diversidad avifaunística en el área de influencia de la Unidad Minera Nonoalco

La riqueza específica de aves en el área de influencia de la Unidad Minera Nonoalco fue de 63 especies distribuidas en solo siete órdenes, 20 familias y 46 géneros. El orden Passeriforme fue el de mayor diversidad con 53 especies, 14 familias y 36 géneros.

La familia más representativa fue Parulidae, con 12 especies, seguida de Tyrannidae con 10 especies, Cardinalidae con 8 especies y Vireonidae con 7 especies, todas pertenecientes al orden Passeriforme. Otras familias destacadas incluyeron Columbidae y Troglodytidae, con 3 especies cada una. De las 14 familias restantes, seis estuvieron representadas por dos especies y ocho por solo una.

La curva de rango-abundancia correspondiente al área de influencia de la Unidad Minera Nonoalco sugiere una distribución equitativa de las especies dentro de la comunidad (Figura VIII.6). En este caso la especie más dominante o con mayor abundancia es *Cardellina pusilla*, una especie migratoria de invierno con alta plasticidad ecológica durante su temporada de migración. De igual forma, es importante resaltar que las especies más abundantes, como *Arremon brunneinucha*, *Chlorospingus flavopectus* y *Basileuterus rufifrons,* corresponden a aves insectívoras asociadas al suelo y al sotobosque.

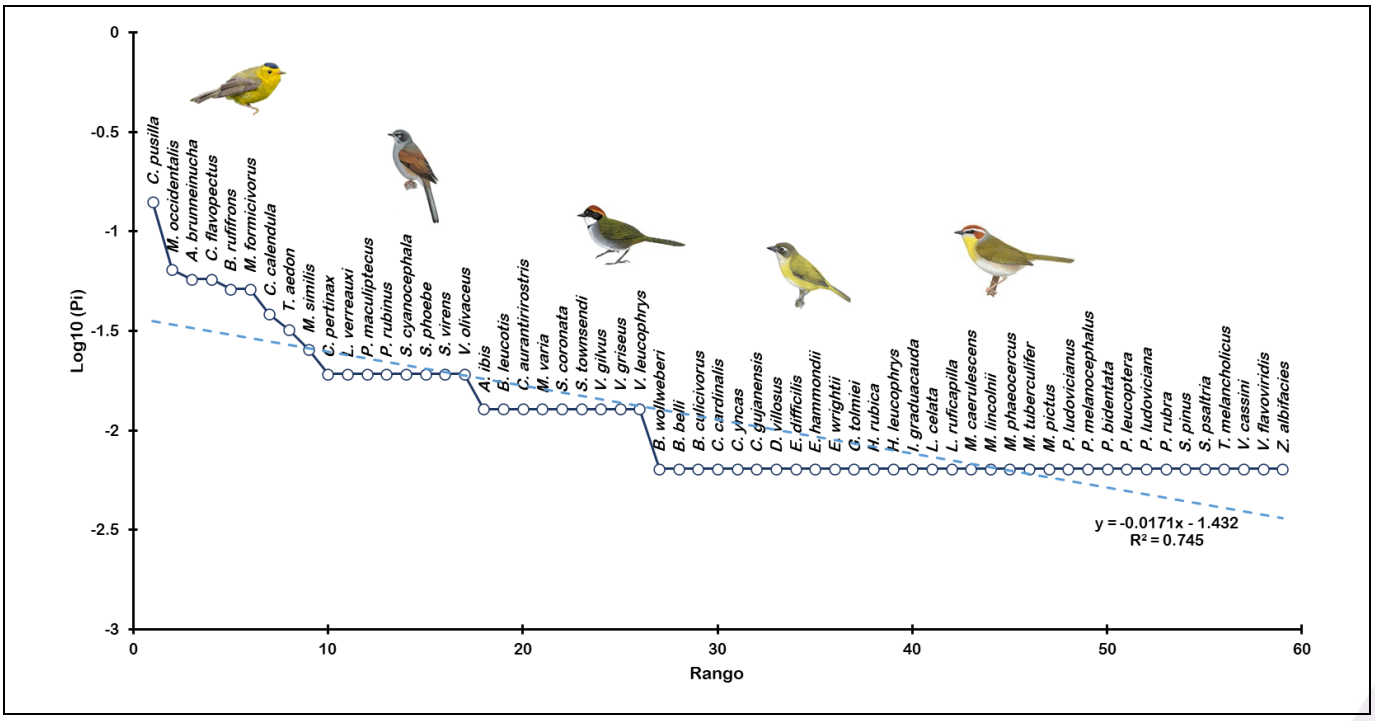



***Figura VIII. 6. Rango-abundancia para las especies de aves determinadas en el área de influencia de la Unidad Minera Nonoalco.***

## VIII.2.5. Estudios Técnicos

Compañía Minera Autlán, ha llevado a cabo una serie de estudios técnicos mismos que quedaron señalados en el Anexo 2.2, donde se incluye entre otros.

- *Caracterización Geológica*
- *Estabilización de tepetateras*
- *Monitoreo de agua*
- *Monitoreo de aire*

## VIII.2.6. Programas

Compañía Minera Autlán, cuenta con una serie de programas que le permiten llevar a cabo de manera eficiente y segura sus actividades y operaciones; sin embargo, con el objetivo de tener una gestión más eficiente ha agrupado las medidas a las que le debe dar continuidad en los siguientes programas.

- *Programas de Educación Ambiental y de Capacitación*
- *Programas de Mantenimiento preventivo*
- *Programa de Conservación de suelo y agua*
- *Programas de voladuras semanales*
- *Programas de reforestación*
- *Programas de compensación*

- *Programas de manejo de residuos sólidos urbanos, de manejo especial y peligrosos*
- *Programa de seguridad y diagnóstico*
- *Programa de capacitación*

## VIII.2.7. Literatura consultada en la elaboración de la Manifestación de Impacto Ambiental (MIA-R)

**Capítulo IV**

Aranda, M.J., 2012. Manual para el rastreo de mamíferos terrestres de México. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. México. 255 p.

Arriaga C., L., Espinoza-Rodríguez, J. M., Aguilar-Zúñiga, C., Martínez-Romero, E., Gómez-Mendoza, L., y Loa L., E., 2000. Regiones Terrestres Prioritarias de México. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. 609 p.

Barrios R., A. G., y Quiñonez, E., 2000. Evaluación de la erosión utilizando el modelo (R)USLE, con apoyo de SIG. Aplicación en una microcuenca de los andes venezolanos. Rev. Forest. Venez. 44(1): 65 – 71.

Berlanga, H., Gómez, H., Vargas, V., Rodríguez, V., Sánchez, L., Ortega, R., y Calderón, R. (2015). Aves de México. Lista actualizada de especies y nombres comunes. México D.F: CONABIO.

BirdLife International. 2020. Important Bird Areas. http://www.birdlife.org. Fecha de consulta: 14 de enero de 2025.

Bolaños G., M. A., Paz P., F., Cruz G., C. O., Argumedo E., J. A., Romero B., V. M., y de la Cruz C., J. C., 2016. Mapa de erosión de los suelos de México y posibles implicaciones en el almacenamiento de carbono orgánico del suelo. Terra Latinoamericana 34: 271 – 288.

Cabella, W., y Nathan, M., 2018. Los desafíos de la baja fecundidad en América Latina y el Caribe. Edts. Esteban Caballero, Pablo Salazar, Lorna Jenkins y Daniel Macadar. En: https://lac.unfpa.org/sites/default/files/pub-pdf/Baja fecundidad en ALC - versión web español.pdf. Consultado: Diciembre, 2021.

Calderón de R, G., Rzedowski, J., y colaboradores 2005. Flora fanerogámica del Valle de México. 2a. ed., 1a reimp., Instituto de Ecología, A.C. y Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. Pátzcuaro, Michoacán. 1406 p.

Serie fascículos: Heladas. Secretaría de Gobernación. En: http://www.cenapred.unam.mx/es/DocumentosPublicos/PDF/SerieFasciculos/heladas.pdf. Consultado: Abril, 2017.

Casas-Andreu, G., Valenzuela-López, G., y Ramírez-Bautista, A., 1991. Cómo hacer una colección de anfibios y reptiles. En: https://www.researchgate.net/publication/267212780_Como_hacer_una_coleccion_de_anfibios_y_reptiles. Consultado: Febrero, 2025.

CENAPRED, 2012. Número de días con granizo al año en la República Mexicana, escala: 1:200000. 1ª edición. Centro Nacional de Prevención de Desastres. Distrito Federal Coyoacán. En:

http://www.conabio.gob.mx/informacion/gis/?vns=gis_root/riesgo/riehidmet/dgranizogw. Consultada: Octubre, 2024.

CIDIPORT (Centro de Investigación y Desarrollo en Ingeniería Portuaria, Marítima y Costera), y UAT (Universidad Autónoma de Tamaulipas), 2015. Programa de medidas preventivas y de mitigación de la sequía Consejo de Cuenca del Río Pánuco. En: https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/99942/PMPMS_CC_P_nuco_Parte_1.pdf. Consultado: Noviembre, 2024.

Chávez, C., de la Torre, A., Bárcenas, H., Medellín, R. A., Zarza, H., y Ceballos, G., 2013. Manual de fototrampeo para estudio de fauna silvestre. El jaguar en México como estudio de caso. Alianza WWF-Telcel, Universidad Nacional Autónoma de México, México. En: https://n9.cl/741vo. Consultado: Enero, 2025.

CONAGUA, S/F. Programa hídrico regional 2021 – 2024: región Hidrológica Administrativa IX Golfo Norte. En: https://files.conagua.gob.mx/conagua/generico/PNH/PHR_2021-2024_RHA_IX_GOLFO_NORTE.pdf. Consultado: Noviembre, 2024.

CONAPO (Consejo Nacional de Población), Fundación BBVA Bancomer y BBVA Research, 2012. Anuario de migración y remesas México 2013. 1ra. Edición. México. 111 p.

CONAPO (Consejo Nacional de Población), Fundación BBVA Bancomer y BBVA Research, 2015. Anuario de migración y remesas México 2015. 1ra. Edición. México. 179 p.

CONAPO (Consejo Nacional de Población), Fundación BBVA Bancomer y BBVA Research, 2017. Anuario de migración y remesas México 2017. 1ra. Edición. México. 193 p.

CONAPO (Consejo Nacional de Población), Fundación BBVA Bancomer y BBVA Research, 2019. Anuario de migración y remesas México 2019. 1ra. Edición. México. 193 p.

CONAPO (Consejo Nacional de Población), Fundación BBVA Bancomer y BBVA Research, 2021. Anuario de migración y remesas. México 2021. CONAPO-Fundación BBVA Bancomer-BBVA Research. 1ra edición. México.160 p.

CONAPO (Consejo Nacional de Población), Fundación BBVA Bancomer y BBVA Research, 2023. Anuario de migración y remesas. México 2023. CONAPO-Fundación BBVA Bancomer-BBVA Research. México.140 p.

Crooks, K. R. (2002). Relative Sensitivities of Mammalian Carnivores to Habitat Fragmentation. *Conservation Biology*, 16(2), 488–502.

Cruzado M., J. A., Alvarado H., R. D., Vázquez R., I., Ortega R., M., y Lara V., A. A., 2023. Inventario estatal de emisiones de gases y compuestos de efecto invernadero de Hidalgo. Edt. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales del Gobierno del Estado de Hidalgo. 109 p.

Decœur, H., Amir, Z., Mendes, C. P., Moore, J. H., & Luskin, M. S. (2023). Mid-sized felids threatened by habitat degradation in Southeast Asia. *Biological Conservation*, 283. https://doi-org.pbidi.unam.mx:2443/10.1016/j.biocon.2023.110103

Demant, A., 1978. Características del Eje Neovolcánico Transmexicano y sus problemas de interpretación. Revista Instituto de Geología, 2: 172-187.

Dragovic, N., y Vulevic, T., 2020. Soil degradation processes, causes, and assessment approaches. In: Leal Filho W., Azul A., Brandli L., Lange Salvia A., Wall T. (eds) Life on Land. Encyclopedia of the UN Sustainable Development Goals. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-319-71065-5_86-1.

FAO, 1980. Metodología provisional para la evaluación de la degradación de los suelos. Roma, Italia. FAOSTAT. 2023. FAO statistical databases. En: http://www.fao.org/faostat/en/#data/OA. Consultado: Mayo, 2024.

FAOSTAT. 2023. FAO statistical databases. En: http://www.fao.org/faostat/en/#data/OA. Consultado: Noviembre, 2024.

Fernández G., E., y del Carpio O., P. S., 2014. Michoacán migrant entrepreneurs in the USA: The case of Huandacareo. Amercian International Journal of Contemporary Research 4(12): 25 – 35 p.

Ferrari, L., Orozco-Esquivel, T., Manea, V., Manea, M., 2012. The Dynamic history of the Trans-mexican volcanic belt and the Mexico subduction zone. Tectonophysics 522-523: 122 – 149.

Ferro – Díaz, J., 2015. Manual revisado de métodos útiles en el muestreo y análisis de la vegetación. ECOVIDA 5(1): 139 – 186.

Flores V., O A., Mendoza Q., F., y González P., G., 1995. Recopilación de claves para la determinación de anfibios y reptiles de México. Facultad de Ciencias, UNAM. Publicaciones Especiales del Museo de Zoología, Núm. 10. 286 p.

Flores-Villela, O., y García-Vázquez, U. O., 2014. Biodiversidad de reptiles en México. Revista Mexicana de Biodiversidad, Supl. 85: S467 – S475.

Figueroa S., B., Amante O., A., Cortés T., H. G., Pimentel L., J., Osuna C., E. S., Rodríguez O., J. M., y Morales F., F. J., 1991. Manual de predicción de pérdidas de suelo por erosión. Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos-Colegio de Posgraduados. Salinas, San Luis Potosí, México.

García, E., 2004. Modificación al sistema de clasificación climática de Köppen: Para adaptarlo a las condiciones de la República Mexicana. Universidad Nacional Autónoma de México. 90 p.

García-Marín, A., Roldán-Cañas, J., Moreno-Pérez, F., Serrat-Capdevila, A., González, J., Francés, F., Olivera, F., Castro-Orgaz, O., y Giráldez, J. V., 2014. La Hidrología y su papel en Ingeniería del Agua. Revista de Ingeniería del Auga 18 (1): 1 – 14.

García Q., J. J., 2007. Geometría, sismicidad y deformación de la placa de cocos subducida. Tesis de Maestría en Ciencias de la Tierra. Universidad Nacional Autónoma de México, Centro de Geociencias. 42 p.

Gómez O., D., 1999. Evaluación del Impacto Ambiental: Un instrumento preventivo para la gestión ambiental. Ediciones Mundi-Prensa. Editorial Agrícola Española, S.A. España.

Gómez-Tuena, A., Orozco-Esquivel, M. T., y Ferrari, L., 2005. Petrogénesis ígneas de la Faja Volcánica Transmexicana. Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana, Tomo LVII (3): 227 – 283.

González O., J. A., 2019. Las aves de la BUAP: Una invitación a su conocimiento. Benemérita Universidad Autónoma de Puebla. Puebla, Pue. 135 p.

Hernández S., J. R., Pérez D., J. L., Rosete V., F., Villalobos D., M., Méndez L., A. P., y Navarro S., E., 2017. Clasificación geomorfológica del relieve mexicano: una aproximación morfográfica por densidad de curvas de nivel y la energía del relieve. Instituto de Geografía. Investigaciones Geográficas. Artículos 94: 49 – 63.

Hutto, R. L., Pletschet, S. M.y Hendricks, P. 1986. A fixed-radius point count method for nonbreeding and breeding season use. *The Auk103* (3): 593-602

INECC (Instituto Nacional de Calidad del Aire), 2024. Informe nacional de calidad del aire, México 2021. En: https://sinaica.inecc.gob.mx/pags/informes. Consultado: Octubre, 2024.

INEGI (Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática), 1992. Síntesis Geográfica del Estado de Hidalgo. En: https://www.inegi.org.mx/contenido/productos/prod_serv/contenidos/espanol/bvinegi/productos/historicos/2104/702825220945/702825220945_1.pdf. Consultado: Noviembre, 2024.

INEGI, 2008. Características edafológicas, fisiográficas, climáticas e hidrográficas de México. En: http://www.inegi.org.mx/inegi/spc/doc/internet/1-geografiademexico/manual_carac_eda_fis_vs_enero_29_2008.pdf. Consultada: Enero, 2022.

INEGI, 2015. Guía para la interpretación de cartografía: Edafología escala 1:250,000, serie III. En: https://www.inegi.org.mx/contenidos/productos/prod_serv/contenidos/espanol/bvinegi/productos/nueva_estruc/702825076221.pdf. Consultada: Febrero, 2025.

INEGI, 2017. Guía para la interpretación de cartografía uso del suelo y vegetación: Escala 1:250000, serie VI. Aguascalientes, México. 204 pp.

IUSS Working Group WRB, 2015. Base referencial mundial del recurso suelo 2014, Actualización 2015. Sistema internacional de clasificación de suelos para la nomenclatura de suelos y la creación de leyendas de mapas de suelos. Informes sobre recursos mundiales de suelos 106. FAO, Roma. 205 p.

Jenny, H., 1994. Factors of soil formation: A system of quantitative pedology. Dover Publication, INC. New Yor, U.S.A.

Jiménez E., M., Baeza R., C., Matías R., L. G., y Eslava M., H., 2012. Mapas de índices de riesgo a escala municipal por fenómenos hidrometeorológicos. Informe presentado para el CENAPRED, Subdirección de Riegos Hidrometeorológicos. 59 p.

Kattan, G. H., H. Alvarez–López y M. Giraldo. 1994. Forest fragmentation and bird extinctions: San Antonio eighty years later. *Conservation Biology* 8:138–146.

Lacher, T. E., Davidson, A. D., Fleming, T. H., Gómez-Ruiz, E. P., McCracken, G. F., Owen-Smith, N., Peres, C. A., & Vander Wall, S. B. (2019). The functional roles of mammals in ecosystems. *Journal of Mammalogy*, 100(3), 942–964.

Lara G., F., 2001. Informe Climatológico Ambiental del Valle de México 2006. Gobierno del Distrito Federal. En: http://www.aire.cdmx.gob.mx/descargas/publicaciones/gestion-ambiental-aire-memoria-

documental-2001-2006/descargas/informe_climatologico_ambiental_cuenca_valle_mexico_2001.pdf. Consultado: Octubre, 2024.

Lugo H., J. y Córdova, C., 1992. Regionalización Geomorfológica de la República Mexicana. En: https://www.scielo.org.mx/pdf/igeo/n25/n25a2.pdf. Consultado: Noviembre, 2024.

Luna-Vega, I., S. Ocegueda y O. Alcántara. 1994. Florística y notas biogeográficas del bosque mesófilo de montaña del municipio de Tlanchinol, Hidalgo, México. Anales del Instituto de Biología, Serie Botánica 65: 31-62.

Lynch, J. F., 1991. Effects of hurricane Gilbert on birds in a dry tropical forest in the Yucatan Peninsula. BIOTROPICA 23 (4a): 488 – 496.

Martínez, M. M., 2005. Estimación de la erosión del suelo. Secretaria de Alimentación, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. INCA RURAL. Colegio de Posgraduados. Consultado en: https://docplayer.es/24902826-Estimacion-de-la-erosion-del-suelo-dr-mario-martinez-menez.html. Fecha: Abril, 2024.

Matías R., L. G., 2013. Precipitación ciclónica como un riesgo natural. Tesis doctoral. Universidad Nacional Autónoma de México. México, D.F. 119 p.

Matías R., L. G., Fuentes M., O. A., y García J., F., 2014. Heladas. Secretaría de Gobernación. Coordinación Nacional de Protección Civil, Centro Nacional de Prevención de Desastres. 34 p.

Miranda, F. y Hernández X., E., 1963. Los tipos de vegetación de México y su clasificación. Boletín de la Sociedad Botánica de México 28: 29 – 179. 29 – 179.

Montes-León, M. A. L., Uribe-Alcántara, E. M., y García-Celis, E., 2011. Mapa nacional de erosión potencial. Tecnología y Ciencia del Agua 11(1): 5 – 17.

Muñoz-Pedreros, A., 2004. La evaluación del paisaje: una herramienta de gestión ambiental. Revista Chilena de Historia Natural 77: 139 – 156.

Navarro-Sigüeza, A. G., Rebón-Gallardo, M. F., Gordillo-Martínez, A., Peterson, A. T., Berlanga-García, H., y Sáncehz-González, L. A., 2014. Biodiversidad de aves en México. Revista Mexicana de Biodiversidad, Supl. 85: 476 – 495.

Oldeman, L. R., Hakkeling, R. T. A., y Sombroek, W. G., 1991. World map of the status of human-induced soil degradation: An explanatory note. Global Assessment of Soil Degradation (GLASOD). En: http://www.the-eis.com/data/literature/World20mapofthe20statusofhuman-inducedsoildegradation_1991.pdf. Consultado: Diciembre, 2021.

Ortiz S., R., 2015. Síntesis de la evolución del conocimiento en edafología. Revista Eubacteria 34: 51 – 64.

Pat-Aké, I., Cámara-Cabrales, L. del C., Ward, S., Martínez-Zurimendi, P., Martínez-Sánchez, J. L., Negreros-Castillo, P., y Sorensen, N., 2018. Efecto del huracán Dean en la dinámica estructural de selvas bajo manejo forestal en Quintana Roo, México. En:

https://myb.ojs.inecol.mx/index.php/myb/article/view/e2421585/1792. Consultado: Octubre, 2024.

Priego, A., Bocco, G., Mendoza, M., y Garrido, A., 2010. Propuesta para la generación semiautomatizada de unidades de paisaje. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, Instituto Nacional de Ecología y Centro de Investigaciones en Geografía Ambiental. 107 p.

Prüss-Üstün, A., y Corvalán, C., 2006. Ambientes saludables y prevención de enfermedades: Hacia una estimación de la carga de morbilidad atribuible al medio ambiente. Organización Mundial de la Salud. En: https://iris.who.int/handle/10665/43452. Consultado: Marzo, 2024.

Ramírez-Bautista, A., U. Hernández-Salinas, U. García-Vázquez, A. Leyte-Manrique, y L. Canseco-Márquez, 2009. Herpetofauna del Valle de México: Diversidad y conservación. Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo. Comisión Nacional para El Conocimiento y Uso de la Biodiversidad.

Renard, K. G., Foster, G. R., Weesies, D. K., McCool, D. K., y Yoder, D. C., 1997. Predicting rainfall erosion losses: A guide to conservation planning with the Revised Universal Soil Loss Equation (RUSLE). USDA, Agriculture Handbook Number 703. 384 p.

Reyes J., I., 2014. Una ojeada a la clasificación del suelo. Contactos 91: 30 – 40.

Rosengaus M., M., Jiménez E., M., y Vázquez C., M.T., 2002. Atlas climatológico de ciclones tropicales en México. Edts. CENAPRED e IMTA. En: http://www.cenapred.gob.mx/es/Publicaciones/archivos/37.pdf. Consultado: Agosto, 2018.

Rzedowski, J., 2006. Vegetación de México. 1ra. Edición digital, Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, México. 504 pp.

Salas Al, R., 2009. Migración internacional, remesas y distribución del ingreso: el caso de Tarímbaro Michoacán. CIMEXUS 4 (2): 123 – 139.

Salina-Rodríguez, M. M., Hernández-Sandoval, L., Carrillo-Reyes, P., Castillo-Gómez, H. A., Castro-Castro, A., Estrada-Castillón, E., Figueroa-Martínez, D. S., Gómez-Escamilla, I. N., González-Elizondo, M., Gutiérrez-Ortega, J. S., Hernández-Rendón, J., Munguía-Lino, G., De-Nova, J. A., Ortiz-Brunel., J. P., Rubio-Mémdez, G., Ruíz-Sáncehz, E., Sánchez-Sánchez, C., Sandoval-Mata, T. N., Soltero-Quintana, R., Steinmann, V., Valencia-A., S., y Zamudio-Ruíz, S., 2022. Diversidad de plantas vasculares de la provincia fisiográfica de la Sierra Madre Oriental, México. Botanical Sciences, 100 (2): 469 – 492.

Sánchez-Cordero, V., Botello, F., Flores-Martínez, J. J., Gómez-Rodríguez, R. A., Guevara, L., Gutiérrez-Granados, G., y Rodríguez-Moreno, Á., 2014. Biodiversidad de Chordata (Mammailia) en México. Revista Mexicana de Biodiversidad, Supl. 85: 496 – 504.

Soto-Estrada, G., Moreno-Altamirano, L., y Pahua D., D., 2016. Panorama epidemiológico de México, principales causas de morbilidad y mortalidad. Revista de la Facultad de Medicina de la UNAM 59 (6): 8 – 22 p.

Subsecretaría de protección Civil y Gestión de Riesgo, 2014. Plan estatal de respuesta temporada de lluvias y ciclones tropicales 2014. Gobierno del Estado de Hidalgo, Secretaría de Gobierno. En: http://proteccioncivil.gob.mx/work/models/ProteccionCivil/swbcalendario_ElementoSeccion/182/PLAN_20ESTATAL_20DE_20RESPUESTA_20LLUVIAS_202014.PDF. Consultado: Octubre, 2024.

Tanner, E. V. J., y Kapos, V., 1991. Hurricane effects on forest ecosystems in the Caribbean. Biotropica 23 (4a): 513 – 521.

Tépach M., R., 2015. El flujo migratorio internacional de México hacia los Estados Unidos y la captación interna de las remesas familiares, 2000 – 2015. Dirección General de Servicios de Documentación, Información y Análisis de la Cámara de Diputados. En: http://www.diputados.gob.mx/sedia/sia/se/SAE-ISS-07-15.pdf. Consultado: Enero, 2022.

Tetteh, R. N., 2015. Chemical soil degradation as a result of contamination: A review. Journal of Soils Science and Environmental Management 6(6): 140 – 147.

Whigham, D. F., P. Zugasty Towle, E. Cabrera Cano, J. O'Neill, and E. Ley. 1990. The effect of annual variation in precipitation on growth and litter production in a tropical dry forest in the Yucatan of Mexico. Tropical Ecology 31:23-34.

Whigham, D. F., Olmsted, I., Cabrera C., E., y Harmon, M. E., 1991. The impact of hurricane Gilbert on trees, litterfall, and woody debris in a dry tropical forest in the northeastern Yucatan Peninsula. Biotropica 23: 434 – 441.

Whigham, D. F., Olmsted, I., Cabrera C., E., y Curtis, A. B., 2003. Impacts of hurricanes on the forests of Quintana Roo, Yucatán Peninsula, México. In: The Lowland Maya Area: Three Millennia at the Human-Wildland Interface. 1a Edición. En: https://repository.si.edu/bitstream/handle/10088/18396/serc_Capitulo_10.pdf?isAllowed=y&sequence=1. Consultado: Octubre, 2024.

Wischmeier, W.H. y Smith, D.D. 1978. Predicting rainfall erosion losses. Agriculture Handbook 537. United States Department of Agriculture. Science and Education Administration. En: https://www.ars.usda.gov/ARSUserFiles/60600505/RUSLE/AH_537PredictingRainfallSoilLosses.pdf. Consultado: Noviembre, 2024.

WHO/UNEP, 1992. Urban air pollution in megacities of the world. World Health Organization – United Nations Environment Programme. Blackweel, Oxford. 230 p.

Xix A., G. R., 2010. Estado actual y futuro de la cartografía de suelos en México. 1er Taller latinoamericano global Globalsoilmap.net. Consultado en: https://www.yumpu.com/es/document/read/10430552/mexico. Consultado: Noviembre, 2024.

## VIII.2.8. Glosario de términos

**Ambiente**. -Sistema conformado de elementos bióticos, abióticos, socioeconómicos, culturales y de paisaje que interactúan entre sí, con los individuos y la comunidad en la que viven y determinan la relación y sobrevivencia, en el tiempo y en el espacio en que habitan.

**Áreas naturales protegidas.** -Las zonas del territorio nacional y aquellas sobre las que la nación ejerce su soberanía y jurisdicción, en que los ambientes originales no han sido significativamente alterados por la actividad del hombre, y que han quedado sujetas al régimen de protección.

**Cuenca**. -Es un área delimitada por partes altas, esto da lugar a que sea receptor de aguas de lluvia, escurrimientos y caudales de ríos.

**Clima**. -Es el estado medio de los elementos meteorológicos de una localidad considerando un período largo de tiempo. El clima de una localidad viene determinado por los factores climatológicos: latitud, longitud, altitud, orografía y continentalidad.

**Climatología**. -Ciencia dedicada al estudio de los climas con relación a sus características, variaciones, distribución, tipos y posibles causas determinantes.

**Desecho**. - Material en cualquier estado físico, generalmente considerado como no peligroso, que se utilizó y aunque esté completo, entero (o casi nuevo), ya no tiene o no se le quiere dar la utilidad que puede seguir teniendo.

**Desmantelamiento**: Actividad en la que se realiza la remoción total o parcial, reutilización y disposición segura de equipos y accesorios de una Instalación.

**Desmonte**. - Acción de eliminar parcial o totalmente la cobertura vegetal.

**Despalme**. - Acción de remover el suelo orgánico, que se localiza en el sitio de proyecto o en un área determinada.

**Ecosistema**. - Unidad básica de interacción de los organismos entre sí y su relación con el ambiente.

**Erosión**. -El proceso físico que consiste en el desprendimiento y arrastre de los materiales del suelo por la acción del viento, agua y procesos geológicos.

**Escurrimiento**. -La parte de la precipitación de una zona de drenaje que se desagua por surcos hechos por la corriente.

**Especies nativas**. -Procedentes de unidades naturales dentro de los límites de un territorio. Debe aplicarse a especies in situ.

**Diagnóstico Ambiental**. - Descripción de una situación ambiental, sobre la base de la utilización integrada de indicadores con origen en las ciencias naturales, exactas y sociales.

**Fauna Silvestre**. - Las especies animales que subsisten sujetas a los procesos de selección natural y que se desarrollan libremente, incluyendo sus poblaciones menores que se encuentran bajo control del hombre, así como los animales domésticos que por abandono se tornen salvajes y por ello sean susceptibles de captura y apropiación.

**Impacto ambiental**. - Aún y cuando no son totalmente claras las definiciones al respecto, pudiera considerarse como el efecto de una acción dada sobre los recursos naturales y en los componentes, estructuras y funciones que afectan al ecosistema. Puede considerarse favorable o no.

**Impacto ambiental acumulativo**. - El efecto en el ambiente que resulta del incremento de los impactos de acciones particulares ocasionado por la interacción con otros que se efectuaron en el pasado o que están ocurriendo en el presente.

**Impacto ambiental residual**. - El impacto que persiste después de la aplicación de medidas de mitigación.

**Impacto ambiental significativo o relevante**. - Aquel que resulta de la acción del hombre o de la naturaleza, que provoca alteraciones en los ecosistemas y sus recursos naturales o en la salud, obstaculizando la existencia y desarrollo del hombre y de los demás seres vivos, así como la continuidad de los procesos naturales.

**Impacto ambiental sinérgico**. - Aquel que se produce cuando el efecto conjunto de la presencia simultánea de varias acciones supone una incidencia ambiental mayor que la suma de las incidencias individuales contempladas aisladamente.

**Medidas de mitigación**. - Conjunto de acciones que deberá ejecutar el promoverte para atenuar el impacto ambiental y restablecer o compensar las condiciones ambientales existentes antes de la perturbación que se causará con la realización de un proyecto en cualquiera de sus etapas.

**Medidas de prevención. -** Conjunto de acciones que deberá ejecutar el promoverte para evitar efectos previsibles de deterioro del ambiente.

**Norma**. -La disposición de carácter obligatorio expedida por la Secretaría, de conformidad con lo previsto en la Ley Federal sobre Metrología y Normalización.

**Ordenamiento ecológico.** - Instrumento de la política ambiental cuyo objeto es regular o inducir el uso del suelo y las actividades productivas, con el fin de lograr la protección del ambiente y la preservación y el aprovechamiento sustentable de los recursos naturales, a partir del análisis de las tendencias de deterioro y las potencialidades de aprovechamiento de los mismos.

**Preservación**. - El conjunto de políticas y medidas para mantener las condiciones que propicien la evolución y continuidad de los ecosistemas y hábitat naturales, así como conservar las poblaciones viables de especies en sus entornos naturales y los componentes de la biodiversidad fuera de sus hábitats naturales.

**Prevención**. - El conjunto de disposiciones y medidas anticipadas para evitar el deterioro del ambiente.

**Recurso natural.** - El elemento natural susceptible de ser aprovechado en beneficio del hombre.

**Reforestación**. - Establecimiento inducido de vegetación forestal en terrenos forestales.

**Sistema Ambiental**. - Es la interacción entre el ecosistema (componentes abióticos y bióticos) y el subsistema socioeconómico (incluidos los aspectos culturales) de la región donde se pretende establecer el proyecto.

# Ubicación Regional

Distrito Minero Autlán

-10980000.000 -10920000.000 -10860000.000 -10800000.000

2460000.000 2400000.000 2340000.000 2280000.000

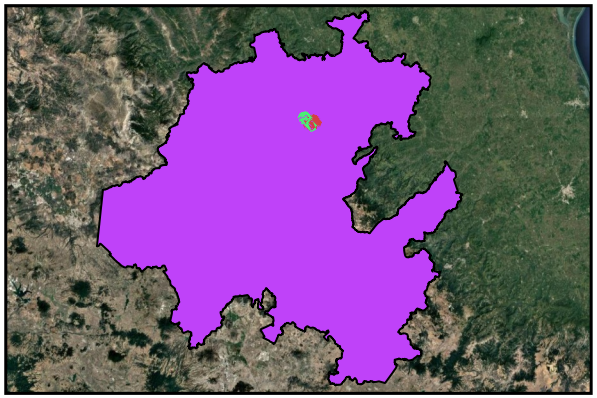
Molango

Naopa

Nonoalco

## Localización





8.5 0 8.5 17 km

AUTLAN®

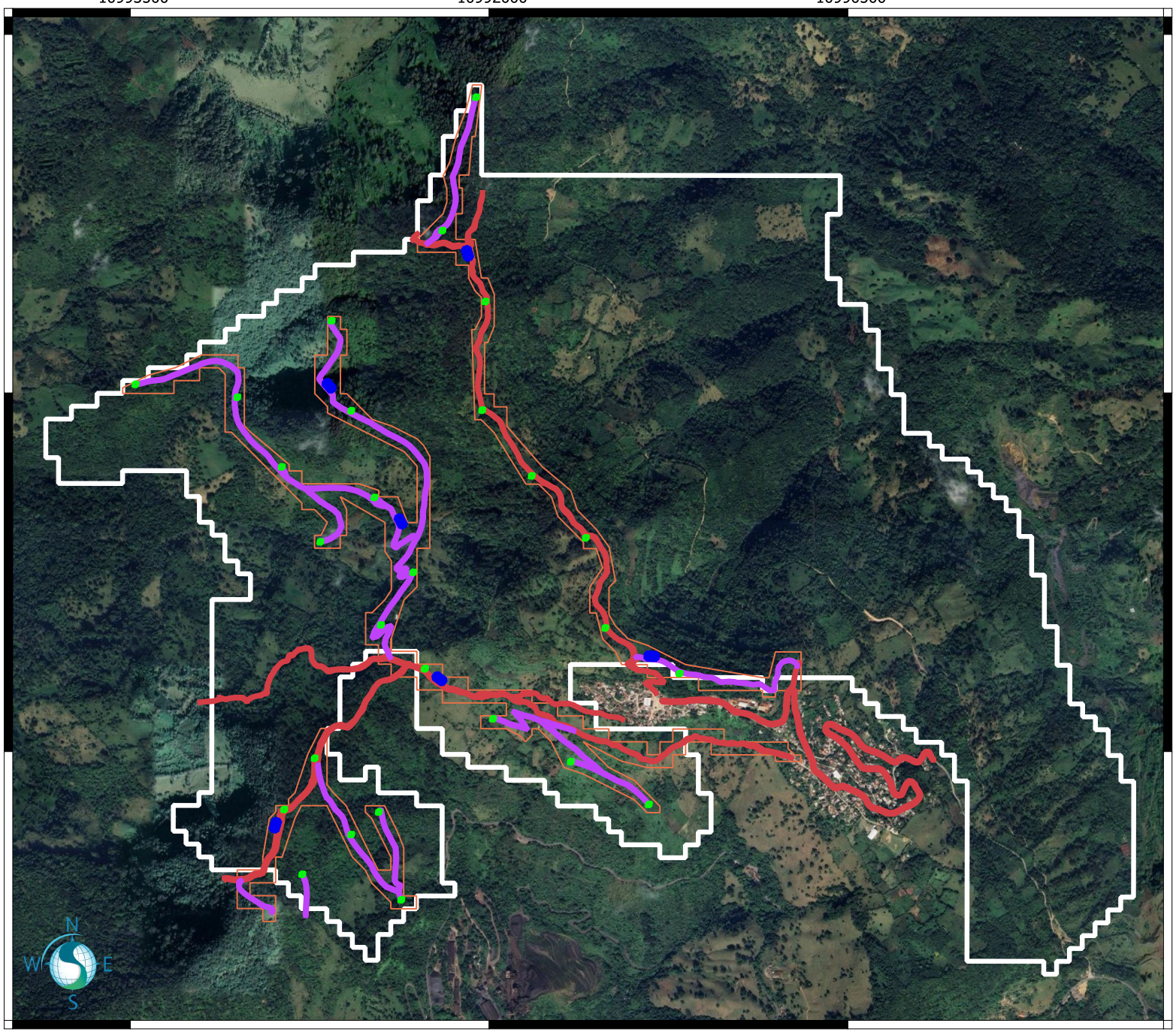
SANAT
Soluciones en Gestión Ambiental

# Proyecto de exploración San Antonio

Distrito Minero Autlán

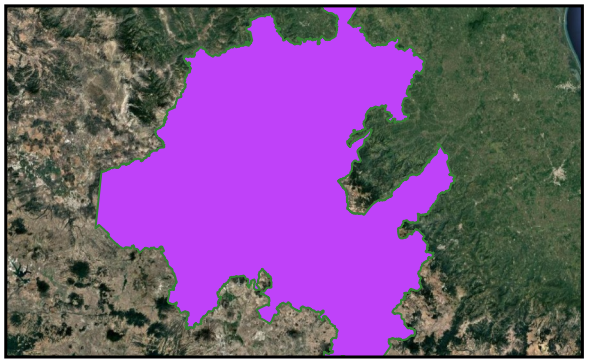
-10993500 -10992000 -10990500

2392500 2391000 2389500




## Localización





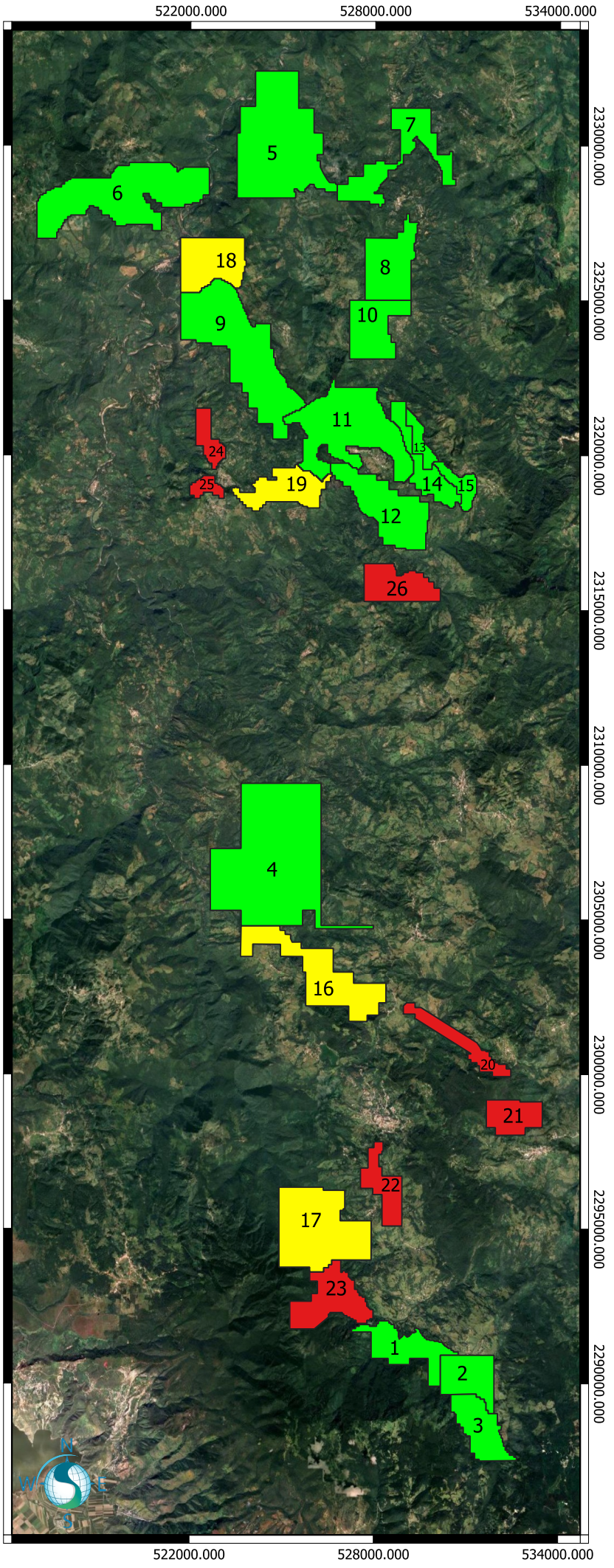
San Antonio

- Polígono San Antonio
- Planillas de barrenación
- Patios de maniobras
- Caminos proyectados
- Caminos existentes
- Buffer

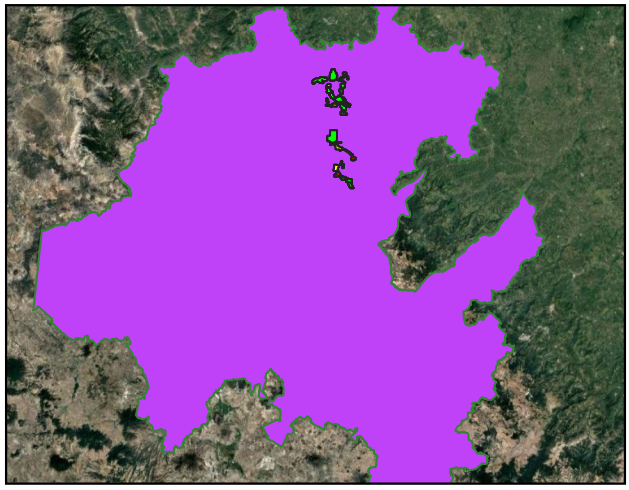
250 0 250 500 750 m

AUTLAN® SANAT Soluciones en Gestión Ambiental

# Polígonos de exploración
Distrito Minero Autlán




## Localización



## Políonos de exploración

Prioridad 1
1 Jupiter
2 Nonoalco
3 Puma
4 Naopa (Noru)
5 Toltecas
6 Jiadi
7 Gama
8 Gama II
9 Alfa 1
10 Beta
11 San Antonio
12 Coyoles
13 Flanco NE
14 Flanco SW
15 Flanco SW II

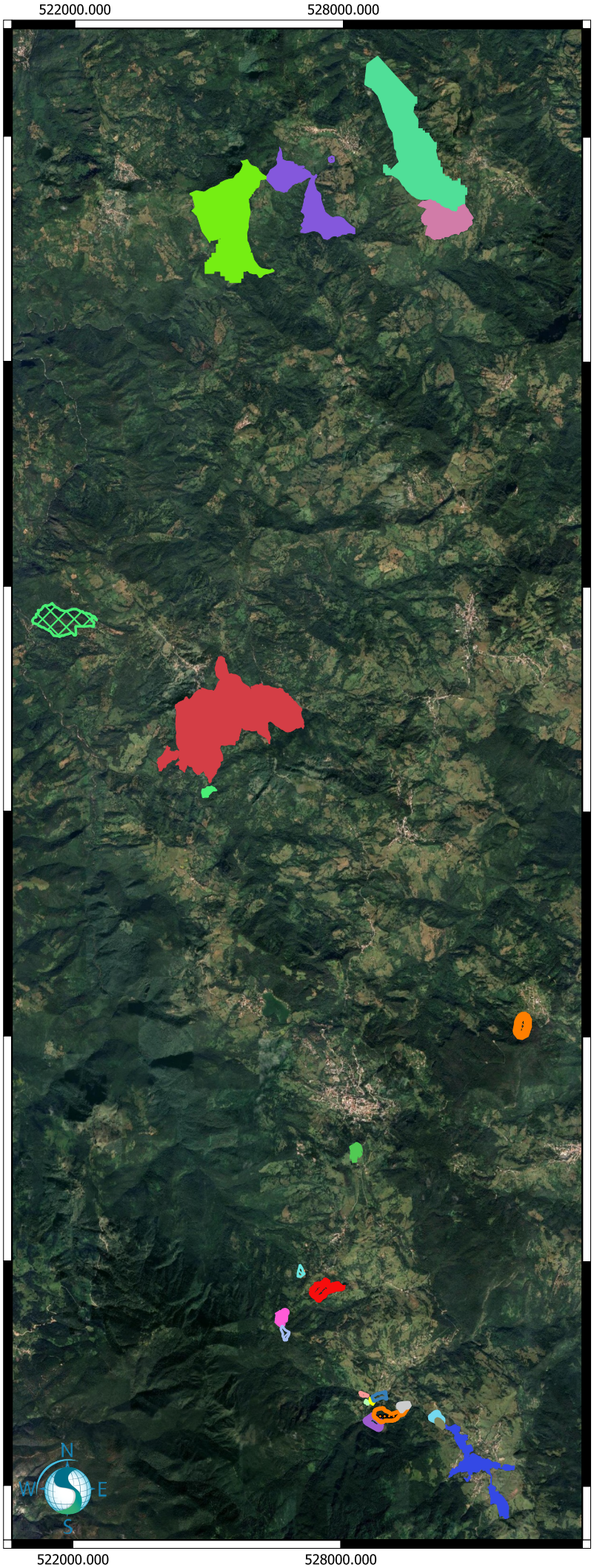
Prioridad 2
16 San Bernardo
17 Ixmolintla
18 Alfa
19 San Judas

Prioridad 3
20 Jalamelco
21 Xochicoatlán
22 El Lucero
23 Zeta
24 San Judas Norte
25 San Judas Oeste
26 Tlatelpingo

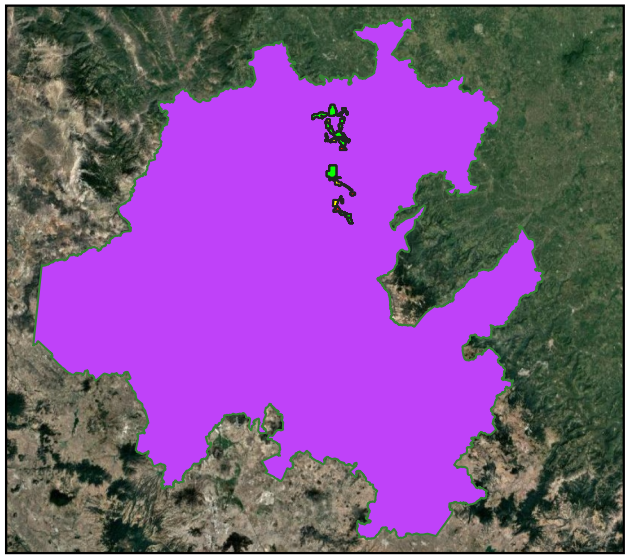
0 5 10 km

AUTLAN®
SANAT
Soluciones en Gestión Ambiental

# Polígonos de agrupación
Distrito Minero Autlán




## Localización



## Polígonos de agrupación

**Molango**
- 1
- 2
- 3
- 3.A
- 4

**Naopa**
- 5
- 5.A
- 5.B

**Nonoalco**
- 6
- 6.A.51
- 6.B.52
- 6.C.53
- 6.D.54
- 6.E.55
- 6.F.56
- 6.G.57
- 6.H.58
- 6.I.59
- 6.J.60
- 6.K.61
- 6.L.62
- 6.M.63
- 6.N.64
- 6.Ñ.65
- 6.O.66

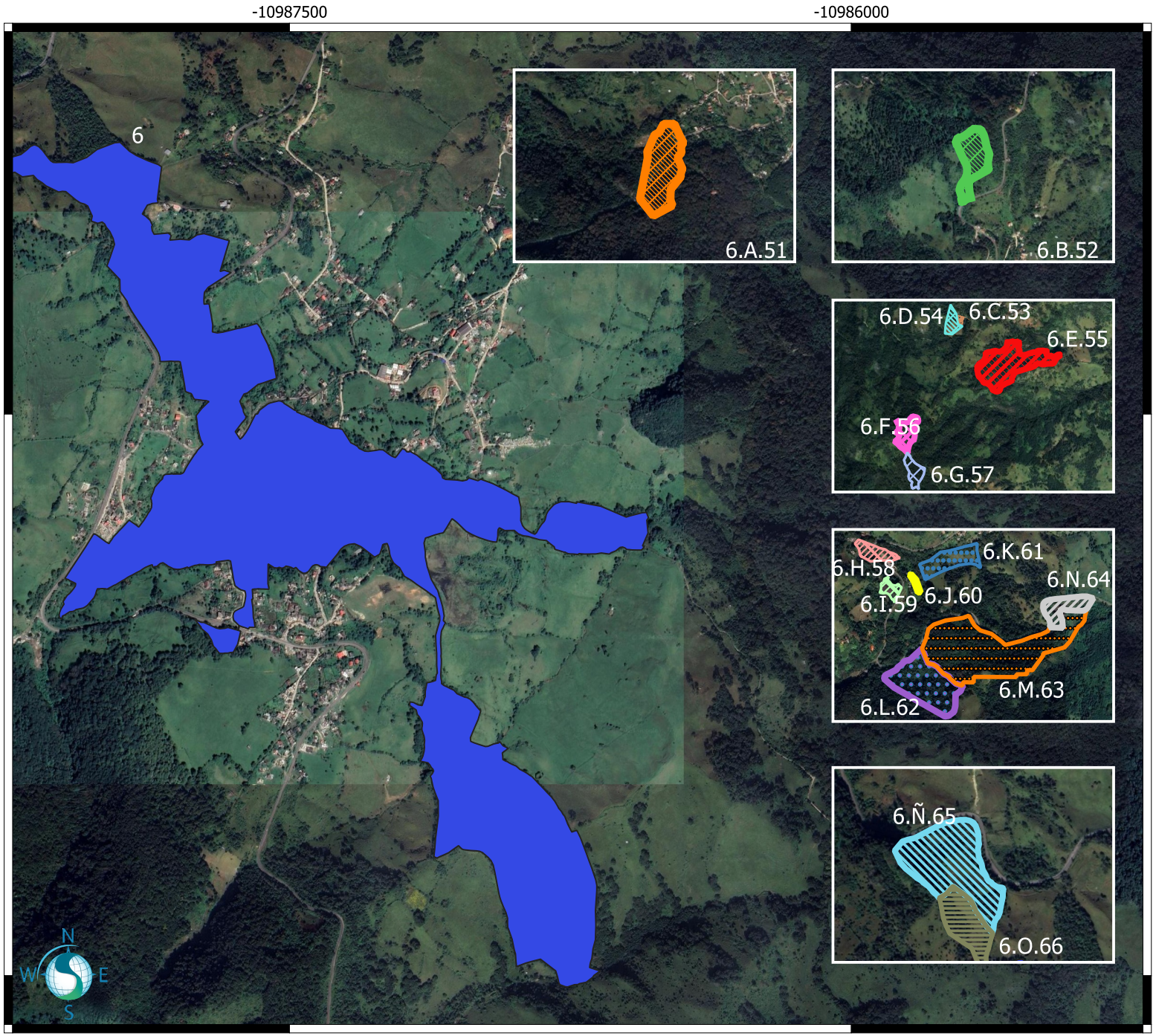
0 4 8 km

AUTLAN®

SANAT
Soluciones en Gestión Ambiental

# Polígono de agrupación

Distrito Minero Autlán, Unidad Nonoalco




## Localización



Polígonos de agrupación

- 6
- 6.A.51
- 6.B.52
- 6.C.53
- 6.D.54
- 6.E.55
- 6.F.56
- 6.G.57
- 6.H.58
- 6.I.59
- 6.J.60
- 6.K.61
- 6.L.62
- 6.M.63
- 6.N.64
- 6.Ñ.65
- 6.O.66

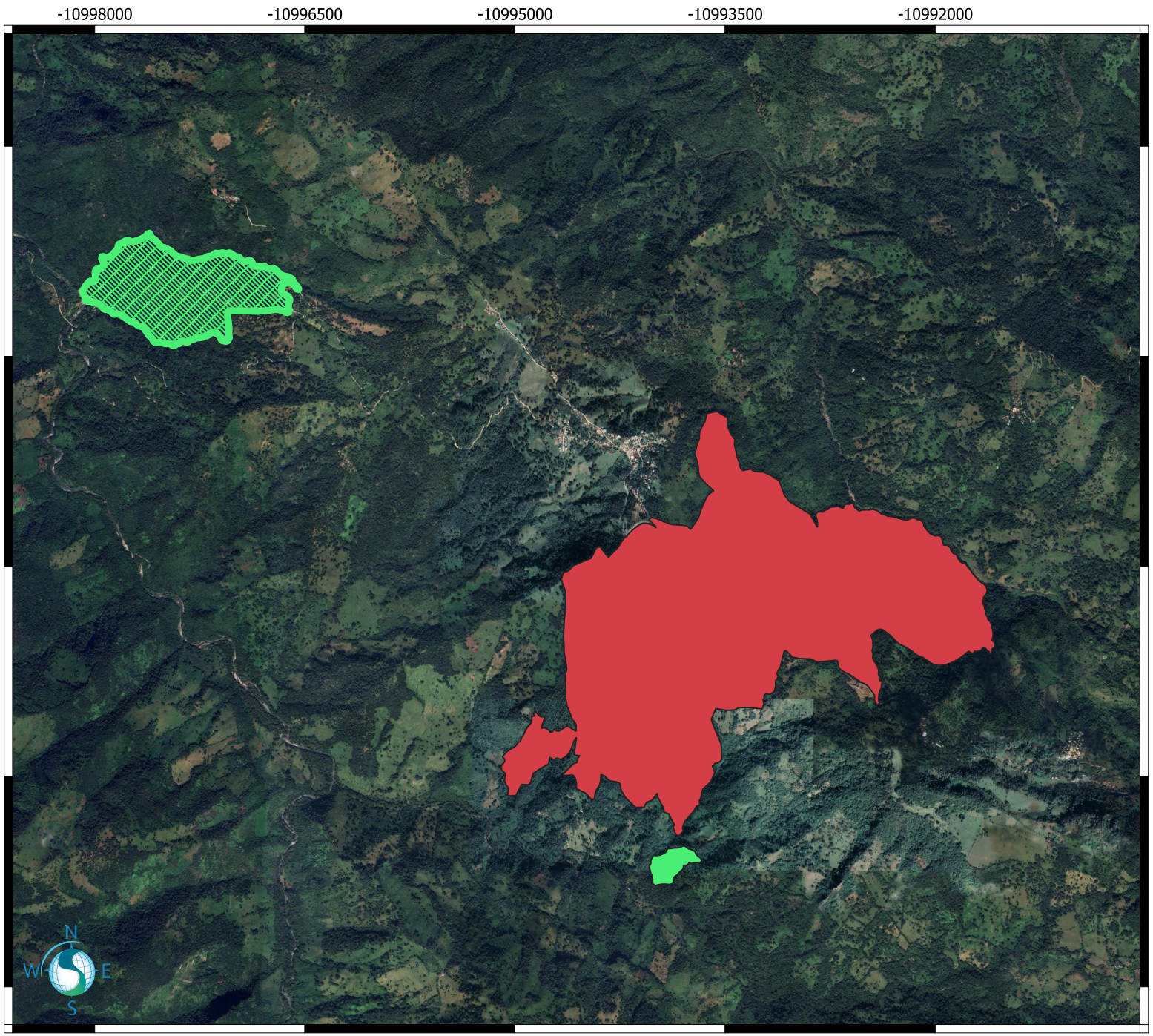
0 0.4 0.8 km

AUTLAN®

SANAT
Soluciones en Gestión Ambiental

# Polígonos de agrupación

Distrito Minero Autlán, Unidad Naopa




## Localización



Polígonos de agrupación

- 5
- 5.A
- 5.B

0.75 0 0.75 1.5 km

AUTLAN®

SANAT
Soluciones en Gestión Ambiental

# Polígonos de agrupación

Distrito Minero Autlán, Unidad Molango

-10993500 -10992000 -10990500 -10989000 -10987500

2391000 2389500 2388000 2386500

## Localización



Polígonos de agrupación

- 1
- 2
- 3
- 3.A
- 4

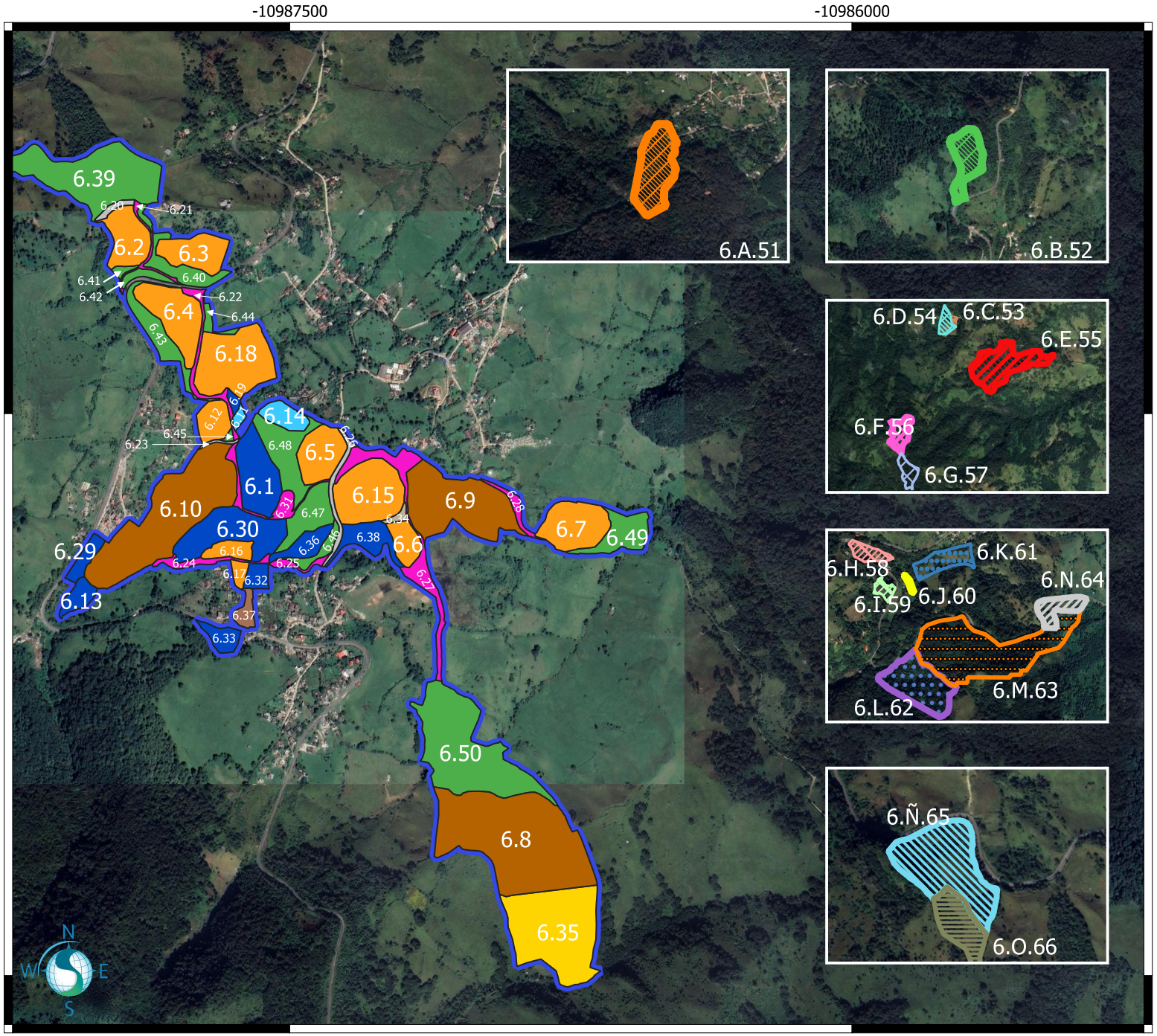
0.75 0 0.75 1.5 km

AUTLAN®

SANAT
Soluciones en Gestión Ambiental

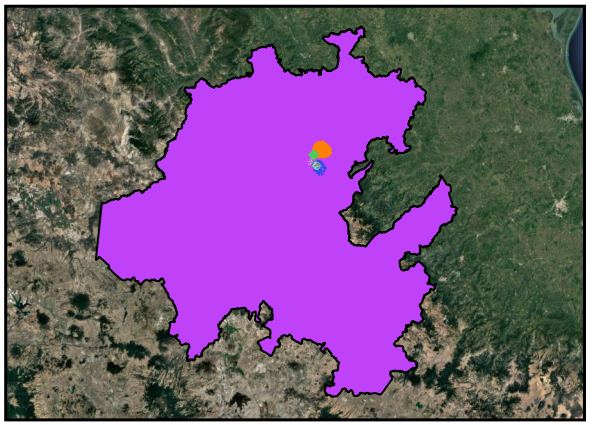
# Polígono de agrupación 6

Distrito Minero Autlán, Unidad Nonoalco




## Localización





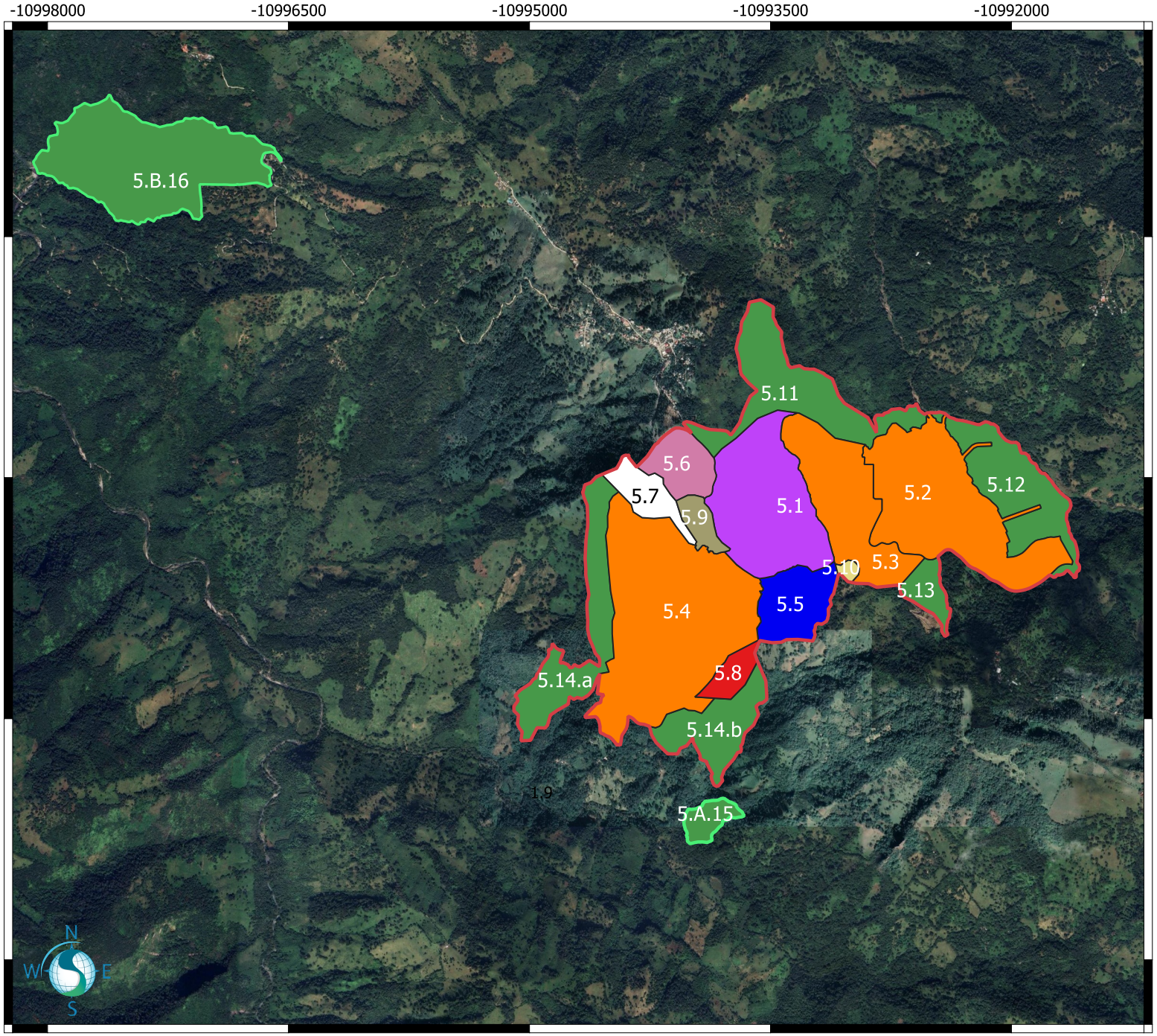
0 0.4 0.8 km

AUTLAN®

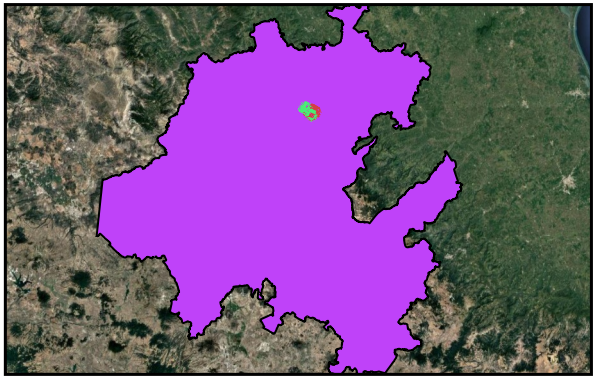
SANAT
Soluciones en Gestión Ambiental

# Polígono de agrupación 5

Distrito Minero Autlán, Unidad Naopa




## Localización



- 5.1 Tajo
- 5.2 Tepetatera Guadalupe
- 5.3 Tepetatera Norte
- 5.4 Tepetatera Sur
- 5.5 Zona Industrial
- 5.6 Patio de mineral
- 5.7 Stock ley intermedia
- 5.8 Polvorines
- 5.9 Patio de maniobras
- 5.10 Depósito de suelo orgánico
- 5.11 Área verde
- 5.12 Área verde
- 5.13 Área verde
- 5.14.a Área verde
- 5.14.b Área verde
- 5.A.15 Área verde
- 5.B.16 Área verde
- Polígono de agrupación 5
- Polígono de agrupación 5.A
- Polígono de agrupación 5.B

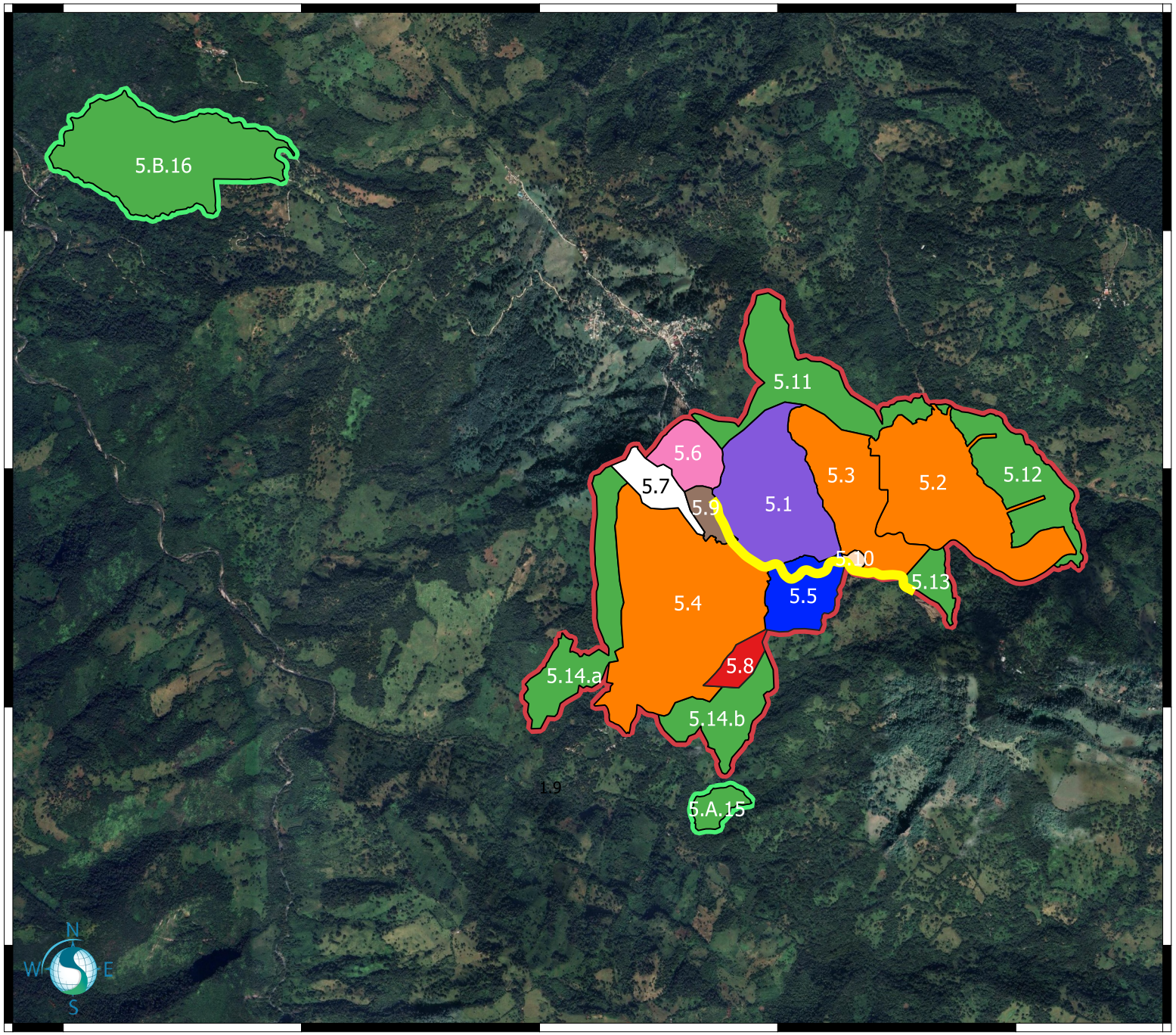
1 0 1 km

AUTLAN

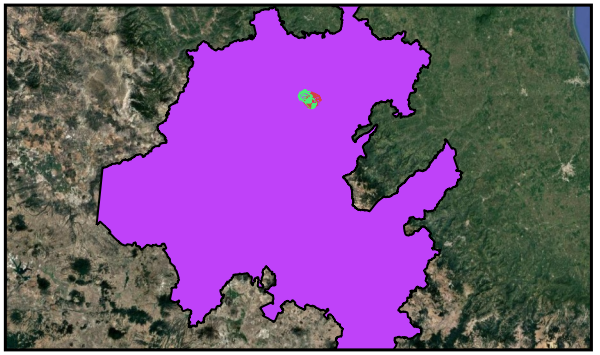
SANAT
Soluciones en Gestión Ambiental

# Polígono de agrupación 5

Distrito Minero Autlán, Unidad Naopa




## Localización



- 5.1 Tajo
- 5.2 Tepetatera Guadalupe
- 5.3 Tepetatera Arcillas
- 5.4 Tepetatera Sur
- 5.5 Zona Industrial
- 5.6 Patio de mineral
- 5.7 Stock ley intermedia
- 5.8 Polvorines
- 5.9 Patio de maniobras
- 5.10 Depósito de suelo orgánico
- 5.11 Área verde
- 5.12 Área verde
- 5.13 Área verde
- 5.14.a Área verde
- 5.14.b Área verde
- 5.A.15 Área verde
- 5.B.16 Área verde
- Polígono de agrupación 5
- Polígono de agrupación 5.A
- Polígono de agrupación 5.B
- Camino vecinal

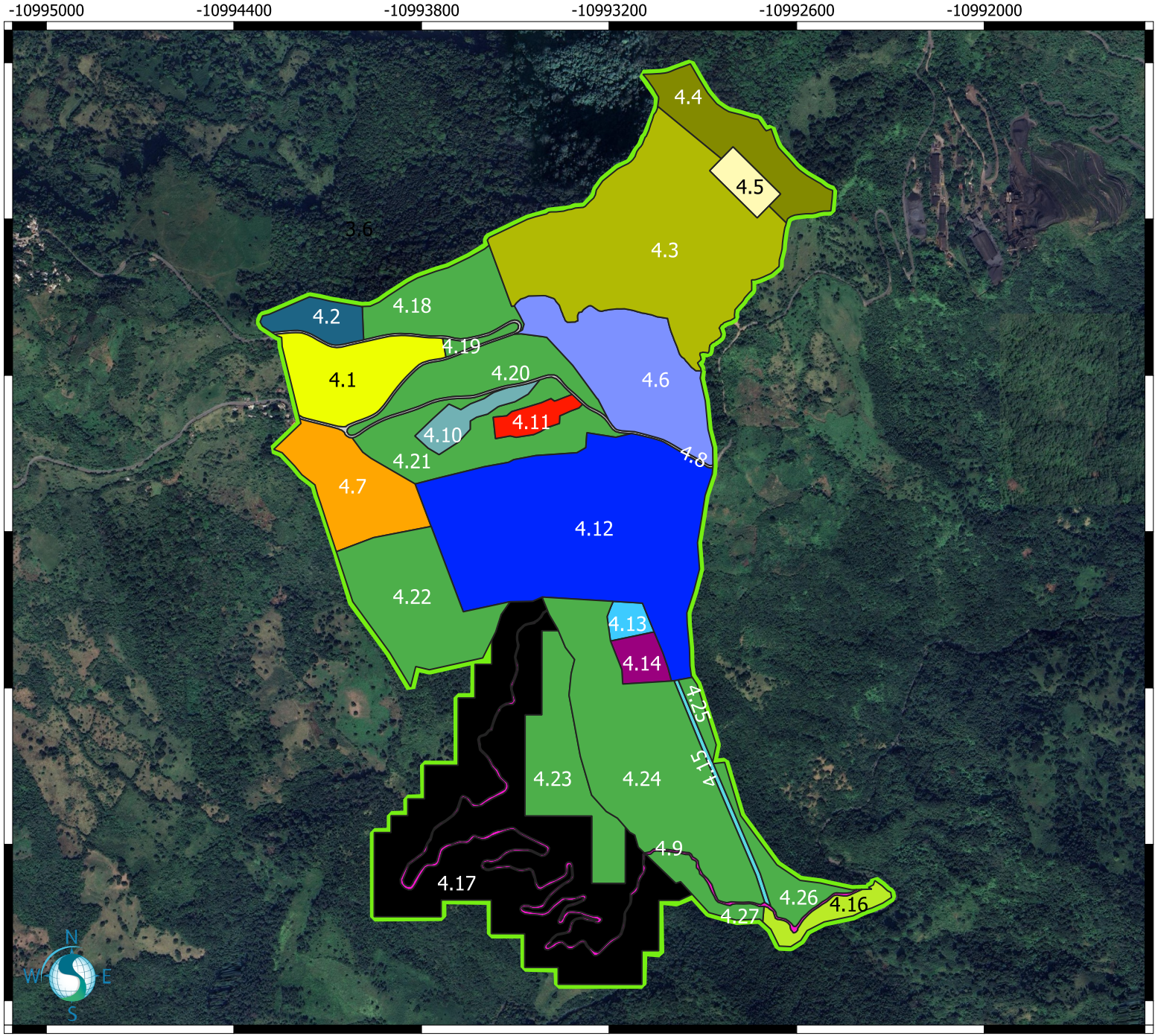
1 0 1 km

AUTLAN

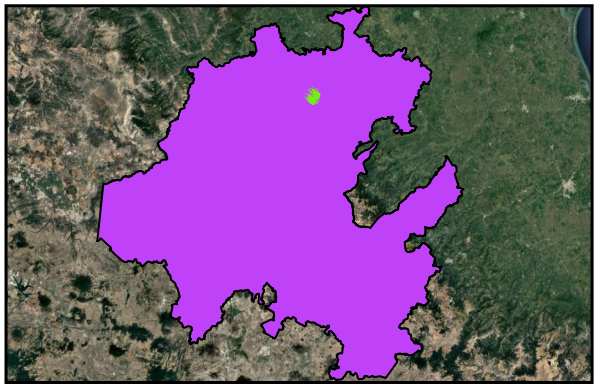
SANAT
Soluciones en Gestión Ambiental

# Polígono de agrupación 4

Distrito Minero Autlán, Unidad Molango




## Localización



- 4.1 Área de Evaluación Geologica
- 4.2 La Pedrera
- 4.3 Área de evaluación geológica - Crisolco 1
- 4.4 Área de evaluación geológica - Crisolco 2
- 4.5 Propuesta de relleno sanitario
- 4.6 Perifiltro
  - Acceso
  - Tubería de agua
  - Comedor
- 4.7 Instalaciones CCUM
- 4.8 Carretera Tepehuacán-Casetas
- 4.9 Camino a bombas Tlatelpingo
- 4.10 Cancha de Fútbol
- 4.11 Cancha de Tenis
- 4.12 Zona Habitacional
  - Accesos
  - Infrestructura
  - Camiinos de herradura
  - Antena
- 4.13 Cancha de Fútbol colonia
- 4.14 PTAR
- 4.15 Tubería de agua
- 4.16 Infraestructura bc
  - Tlatelpingo
  - Accesos
  - Bodegas
  - Tubería de agua
  - Oficinas
  - Caminos
- 4.17 Camino hacia las
  - Área verde
- Área Verde
  - 4.18
  - 4.19
  - 4.20
  - 4.21
  - 4.22
  - 4.23
  - 4.24
  - 4.25
  - 4.26
  - 4.27
- Polígono de agrupación

0.25 0 0.25 0.5 0.75 km

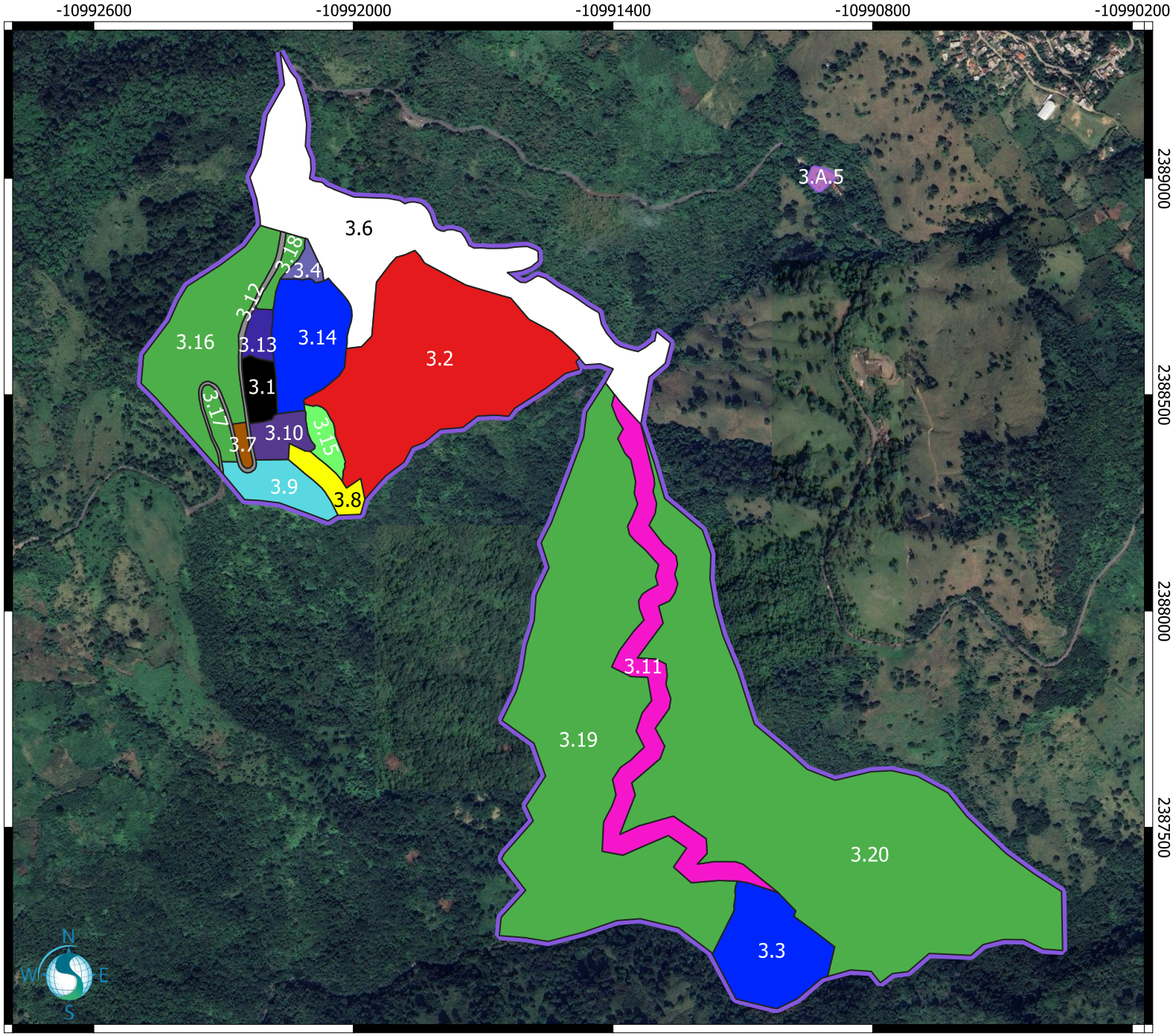
AUTLAN

SANAT

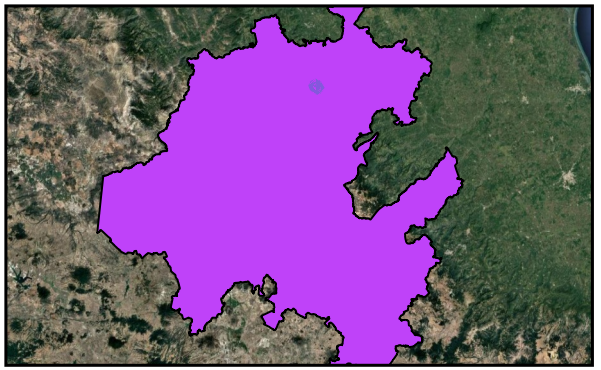
Soluciones en Gestión Ambiental

# Polígono de agrupación 3

Distrito Minero Autlán, Unidad Molango




## Localización



- 3.1 STOCK PILE
- 3.2 Planta de Beneficio
  - Horno de Nodulización
  - Galera
  - Estacionamiento
  - Accesos Polvos
- 3.3 UG - Coyoles
  - Tiradero de concreto
  - Oficinas de Planeación
  - Oficinas de Geología
  - Túnel Coyoles
  - Patio Coyoles
  - Depósito de Chatarra
  - Estacionamiento
  - Depósito de Polvos
  - Bodegas
  - Zarpeo y Chatarra
- 3.4 Polígono de servicios energeticos y explosivos
  - Subestación de diésel
  - Polvorines
  - Accesos
- 3.A.5 Antigua Báscula
- 3.6 Área de maniobras para logística
- 3.7 Área infrestructura de combustible
- 3.8 Área de reabastecimiento de combustible
  - Bodegas
- 3.9 Tanque de Agua
- 3.10 Casa de fuerza
- 3.11 Camino a Coyoles
- 3.12 Carretera Otongo - Tepehuacan
- 3.13 Poligono de servicios
  - entrada y vigilancia
  - Estacionamiento
  - Accesos
  - Caseta de policía
- 3.14 Área infrestructura operativa
  - Oficinas
  - Talleres de Piso / Automotriz
  - Patios
  - Laboratorio Químico
  - Bodegas
  - Depósito de Chatarra
  - Caminos
- 3.15 Vivero
- 3.16 Área verde
- 3.17 Área verde
- 3.18 Área verde
- 3.19 Área verde
- 3.20 Área verde
- Polígono de agrupación 3
- Polígono de agrupación 3.A

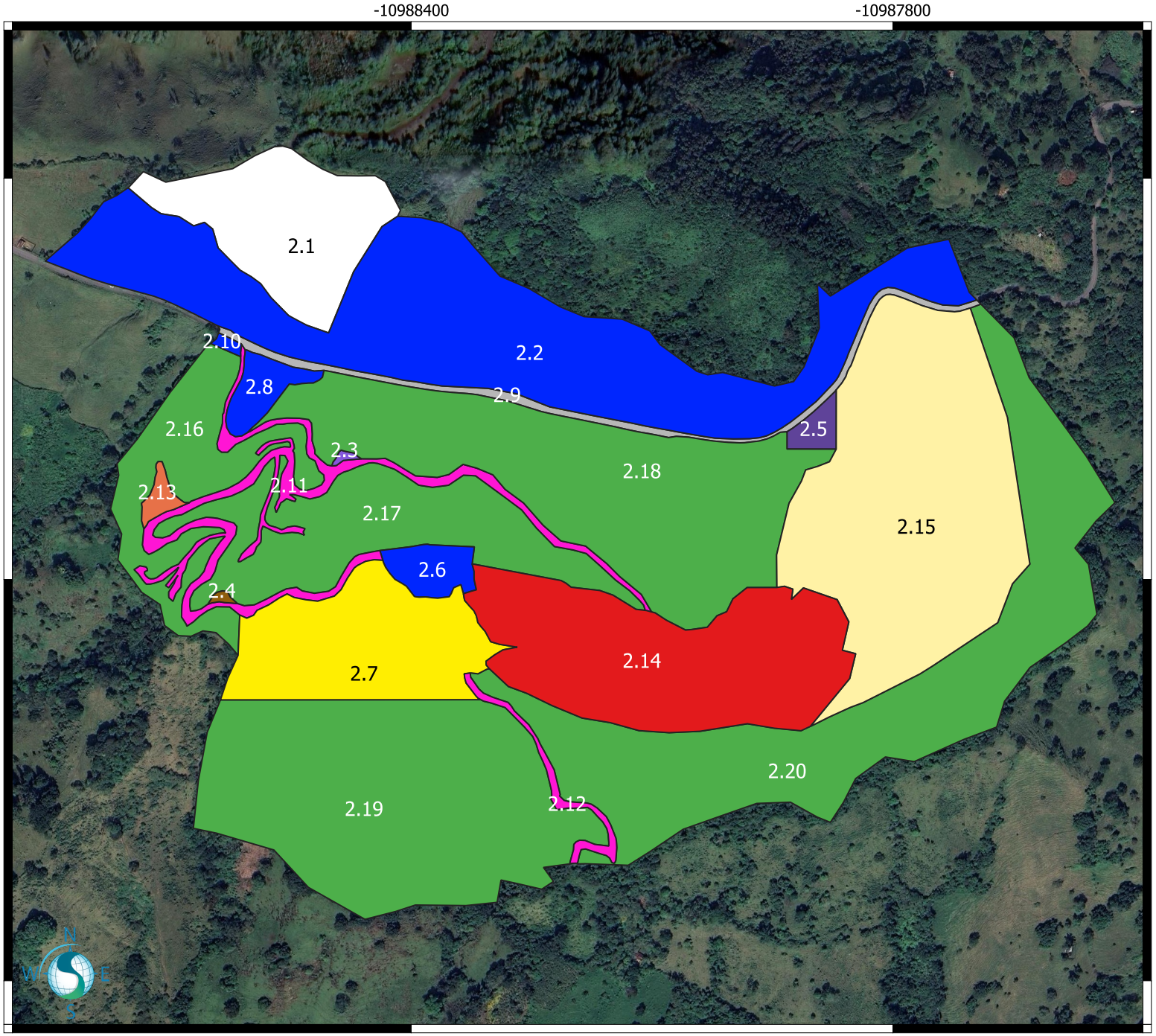
0 0.1 0.2 0.3 0.4 0.5 0.6 0.7 km

AUTLAN

SANAT
Soluciones en Gestión Ambiental

# Polígono de agrupación 2

Distrito Minero Autlán, Unidad Molango




- 2.1 Las moras
- 2.2 Área de servicios
- 2.3 Contrapozo
- 2.4 Contrapozo
- 2.5 Contrapozo
- 2.6 Bocamiina Tampoch
- 2.7 Patios
- 2.8 Oficinas de geología
- 2.9 Carretera Casetas - Tepehuacán
- 2.10 Caseta de policía
- 2.11 Caminos
- 2.12 Accesos
- 2.13 Subestación eléctrica
- 2.14 Proyecto Stayner
- 2.15 Tajo Acuatitla - La Isla
- 2.16 Áreas Verde
- 2.17 Áreas Verde
- 2.18 Áreas Verde
- 2.19 Áreas Verde
- 2.20 Áreas Verde

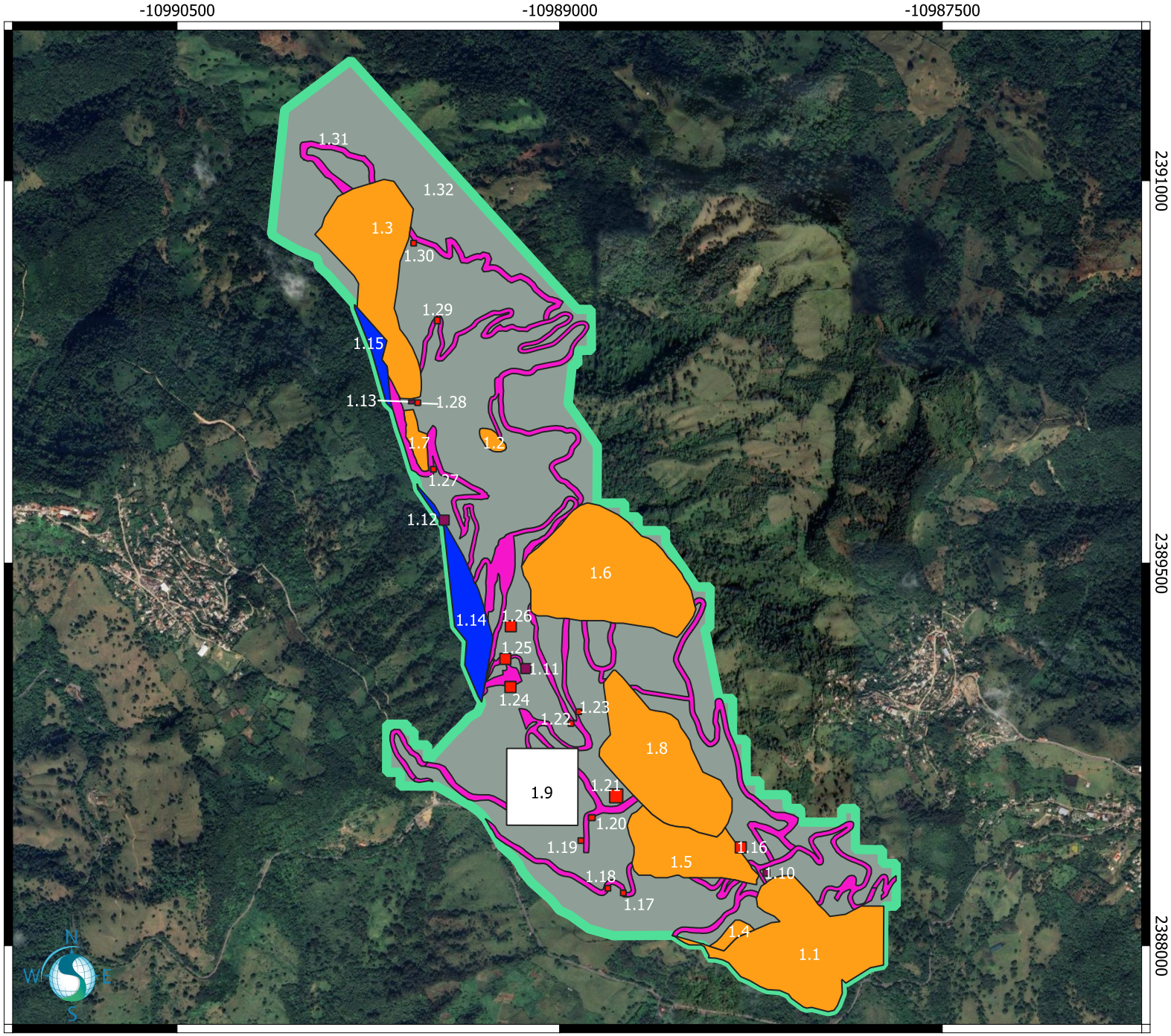
0.1 0 0.1 0.2 0.3 km

AUTLAN®

SANAT
Soluciones en Gestión Ambiental

# Polígono de agrupación 1

Distrito Minero Autlán, Unidad Molango




- 1.1 Tajo San Fernando
- 1.2 Tajo los Naranjos
- 1.3 Tajo Comextetitla
- 1.4 Tiradero - Vaciadero 4
- 1.5 Tiradero - Vaciadero 3
- 1.6 Tiradero - Vaciadero 1
- 1.7 Tiradero - Vaciadero 5
- 1.8 Área de extracción y depósito
- 1.9 Antigua planta P.M.P.
- 1.10 Acceso a mina 1
- 1.11 Acceso a mina 2
- 1.12 Acceso a mina 3
- 1.13 Acceso a mina 4
- 1.14 COT-Chiconcuac 1
- 1.15 COT-Chiconcuac 2
- 1.16 Robbins 1
- 1.17 Robbins 2
- 1.18 Robbins 3
- 1.19 Robbins 4
- 1.20 Robbins 5
- 1.21 Robbins 6
- 1.22 Robbins 7
- 1.23 Robbins 8
- 1.24 Robbins 9
- 1.25 Robbins 10
- 1.26 Robbins 11
- 1.27 Robbins 12
- 1.28 Robbins 13
- 1.29 Robbins 14
- 1.30 Robbins 15
- 1.31 Caminos
- 1.32 Áreas intermedas
- Polígono de agrupación 1

0.25 0 0.25 0.5 0.75 1 km

AUTLAN®

SANAT
Soluciones en Gestión Ambiental

# Proyecto de exploración Noru

Distrito Minero Autlán

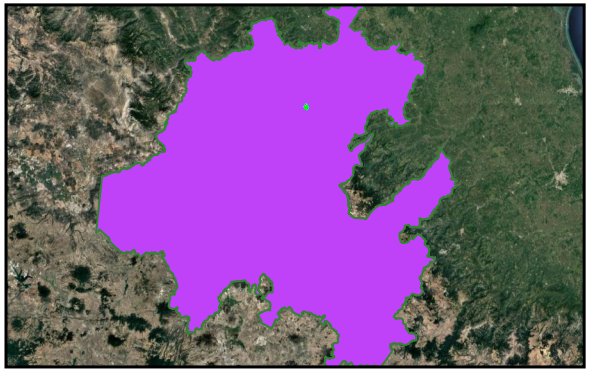
-10995000 -10994000

2378000

2377000

## Localización





**Noru**

- Proyecto Noru - Naopa
- Planilla de barrenación
- Caminos Proyectados
- Patios de maniobras

0.1 0 0.1 0.2 0.3 0.4 0.5 km

AUTLAN® SANAT Soluciones en Gestión Ambiental

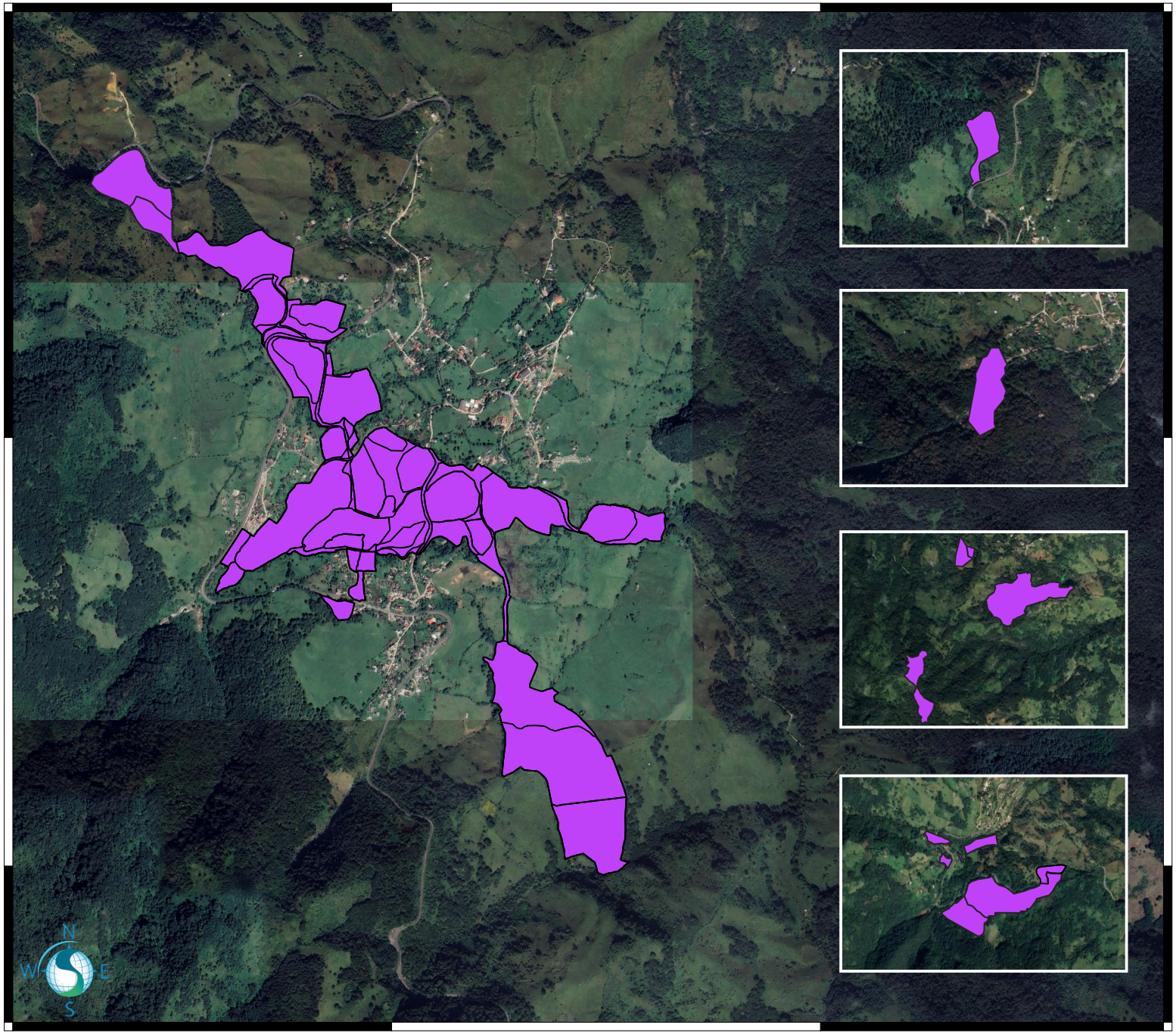
# Ubicación del proyecto

Distrito Minero Autlán, Unidad Nonoalco

-10987500 -10986000

2358000

2356500





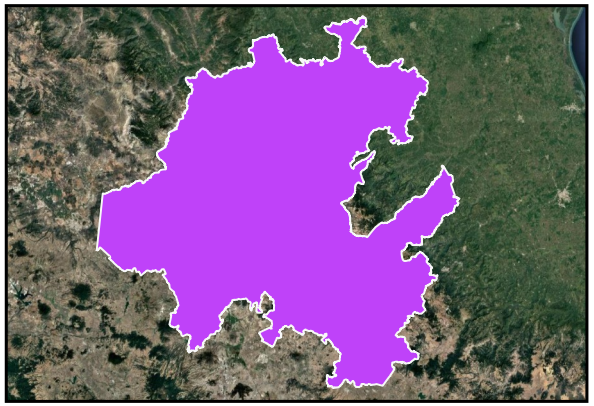







## Localización





0 0.5 1 km

AUTLAN®

SANAT
Soluciones en Gestión Ambiental

# Ubicación del proyecto

Distrito Minero Autlán, Unidad Naopa

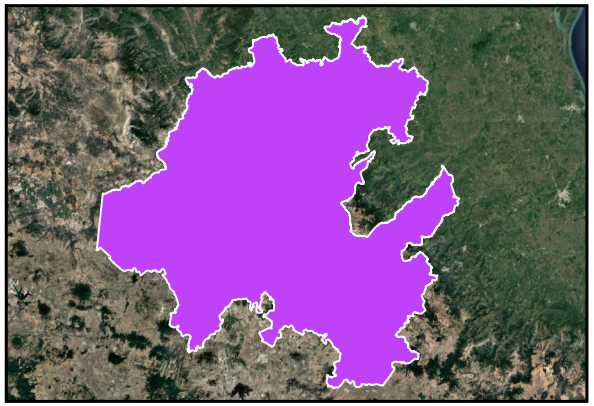
-10998000 -10996500 -10995000 -10993500 -10992000

2379000 2377500 2376000 2374500 2373000

N W E S

## Localización





0.75 0 0.75 1.5 km

AUTLAN®

SANAT
Soluciones en Gestión Ambiental

# Municipios de incidencia
Distrito Minero Autlán

522000.000 528000.000 534000.000

2330000.000 2325000.000 2320000.000 2315000.000 2310000.000 2305000.000 2300000.000 2295000.000 2290000.000

TEPEHUACAN DE GUERRERO (HGO)

TLANCHINOL (HGO)

LOLOTLA (HGO)

MOLANGO DE ESCAMILLA (HGO)

JUAREZ HIDALGO (HGO)

XOCHICOATLAN (HGO)

ELOXOCHITLAN (HGO)

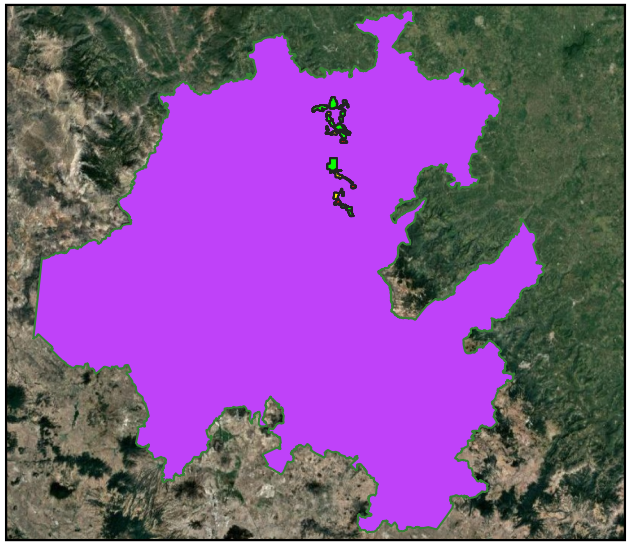
METZTITLAN (HGO)

ZACUALTIPAN DE ANGELES (HGO)

N W E S

522000.000 528000.000 534000.000

## Localización



### Municipios de hidalgo — Polígonos

- TEPEHUACAN DE GUERRERO (HGO)
- TLANCHINOL (HGO)
- LOLOTLA (HGO)
- MOLANGO DE ESCAMILLA (HGO)
- XOCHICOATLAN (HGO)
- ELOXOCHITLAN (HGO)
- METZTITLAN (HGO)
- ZACUALTIPAN DE ANGELES (HGO)
- JUAREZ HIDALGO (HGO)

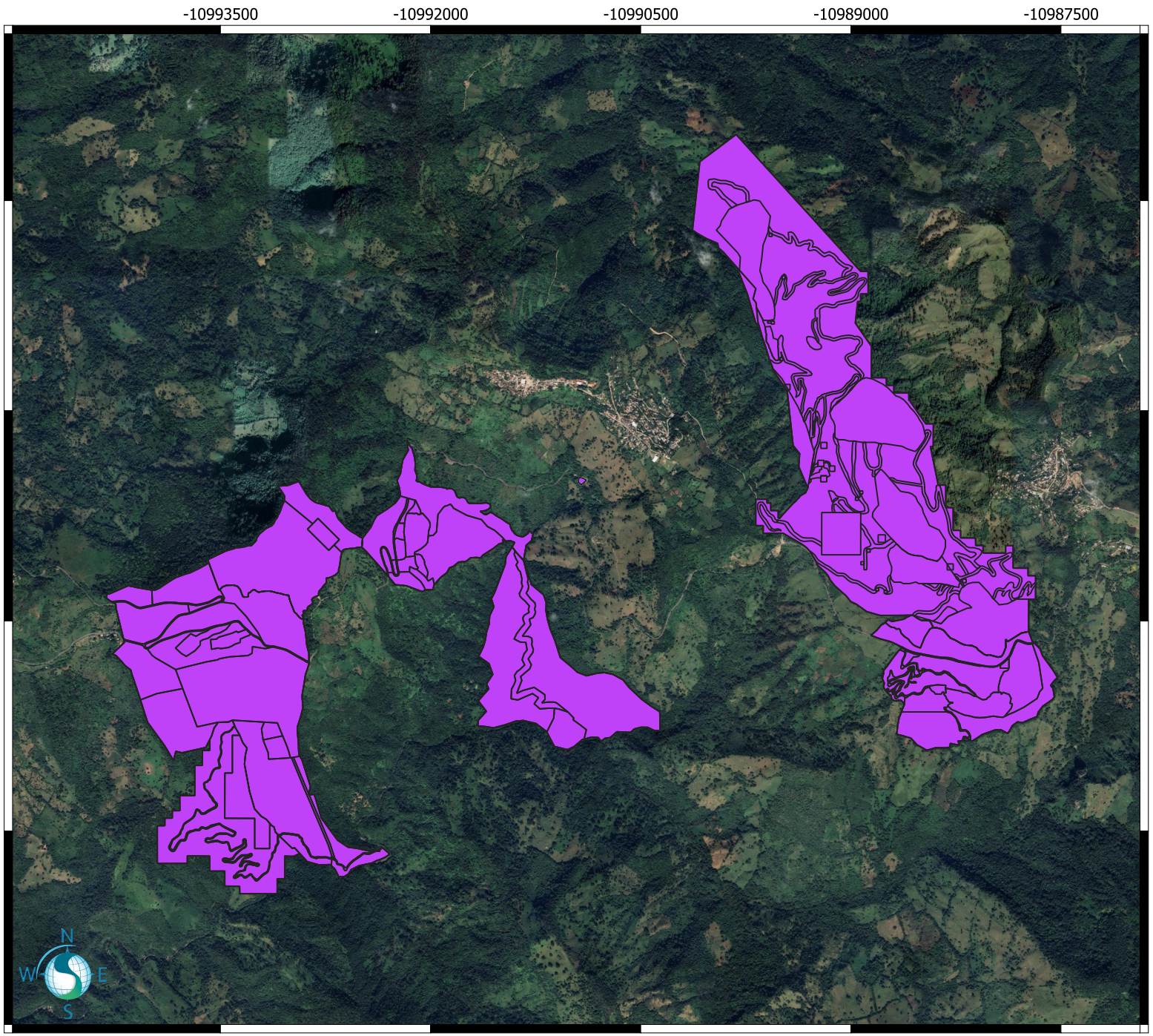
0 5 10 km

AUTLAN®

SANAT
Soluciones en Gestión Ambiental

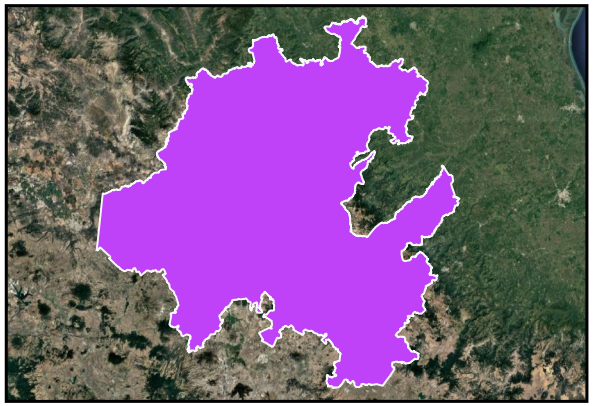
# Ubicación del proyecto

Distrito Minero Autlán, Unidad Molango




## Localización





0.75 0 0.75 1.5 km

AUTLAN®

SANAT
Soluciones en Gestión Ambiental

# Simbología polígono de agrupación 6

## Distrito Minero Autlán, Unidad Nonoalco

- 6.1 Planta de beneficio
  - Planta OxMn
  - Planta de Secado
  - Accesos
  - Patios
  - Planta de Tratamiento
- 6.2 Depósito de Lodos Norte de Alumbres-1
- 6.3 Depósito de Lodos Norte de Alumbres-2
- 6.4 Depósito de Lodos Buena Vista
- 6.5 Depósito de Lodos Cajón II
- 6.6 Depósito de Lodos Block-3
- 6.7 Depósito de Lodos Stock-7 I
- 6.8 Conjunto de Lodos
  - Depósito de Lodos C. Prieto Norte I
  - Depósito de Lodos C. Prieto Norte II
  - Depósito de Lodos C. Prieto Norte IV
  - Vaso Anexo
  - Depósito de Lodos C. Prieto Sur
  - Accesos
  - Basurero
- 6.9 Conjunto de Lodos
  - Depósito de Lodos los Patos
  - Accesos
  - Depósito de Lodos Stock- 7 II
- 6.10 Conjunto de Lodos
  - Presa 1
  - Patio Presa 2
  - Patio Presa 3
  - Depósito de Lodos Regulación
  - Accesos
  - Arroyos
  - Bodegas
  - Presa Cañada (Agua Limpia)
- 6.11 Embalse
- 6.12 Depósito No. 4
- 6.13 Presa Cabrera
- 6.14 Presa de los peces
- 6.15 Deposito de lodos Panteón
- 6.16 Patio 4
- 6.17 Patio 5
- 6.18 Patio de maniobras
- 6.19 Bodega Patio 7
- 6.20 Camino Vecinal
- 6.21 Caminos
- 6.22 Caminos
- 6.23 Calle Comunitaria
- 6.24 Caminos
- 6.25 Caminos
- 6.26 Camino Comunitario
- 6.27 Camino a Cerro Prieto
- 6.28 Caminos
- 6.29 Sindicato
  - Construcción de rampa
  - Acceso a la planta
- 6.30 Infraestructura
  - Almacén
  - Oficinas
  - Planta Concentradora
  - Bodegas
  - Accesos
  - Tuberías
  - Talleres
- 6.31 Área de Servicios
  - Caseta de Policía
  - Estacionamiento
  - Depósito de Chatarra
  - Caminos
- 6.32 Tanques
  - Acceso
  - Caseta de Policía
- 6.33 Oficinas Laboratorio
  - Accesos
  - Estacionamiento
  - Departamento Médico
- 6.34 Filtro Prensa
  - Cuarto de Control
  - Tanque
- 6.35 Tiradero de Cerro Prieto
  - Extracción de Óxidos
  - Accesos
  - Bermas
- 6.36 Bodega de Geología
- 6.37 Gimnasio al Aire Libre
- 6.38 Zona de la Cabaña
  - Cancha de Básquetbol
- Área Verde
- 6.39
- 6.40
- 6.41
- 6.42
- 6.43
- 6.44
- 6.45
- 6.46
- 6.47
- 6.48
- 6.49
- 6.50

Polígonos de agrupación

- 6.A.51 Área de Evaluación Geológica Jalamelco
- 6.B.52 Área de Evaluación Geológica El Lucero
- 6.C.53 Área de Evaluación Geológica Ocotitla
- 6.D.54 Área de Evaluación Geológica Yatitla
- 6.E.55 Área de Evaluación Geológica Mina La Colmena
- 6.F.56 Área de Evaluación Geológica Mina Vieja
- 6.G.57 Área de Evaluación Geológica Ocote Tierno
- 6.H.58 Área de Evaluación Geológica Malila Construcción de Auditorio
- 6.I.59 Área de Evaluación Geológica Cajón Malila
- 6.J.60 Área de Evaluación Geológica Presas Malila
- 6.K.61 Área de Evaluación Geológica Presas Malila
- 6.L.62 Área de Evaluación Geológica Proyecto Júpiter
- 6.M.63 Área de Evaluación Geológica Tepeolo - Propiedad de Autlán
- 6.N.64 Zona de Rehabilitación Ambiental (Área original Impactada, previo a 1988): Tepeolo - Cierre de Mina
- 6.Ñ.65 Área de evaluación Geologica Propiedad Privada (Terceros)
- 6.O.66 Área de Evaluación Geologica Sur de la Chorrera

# Ubicación general

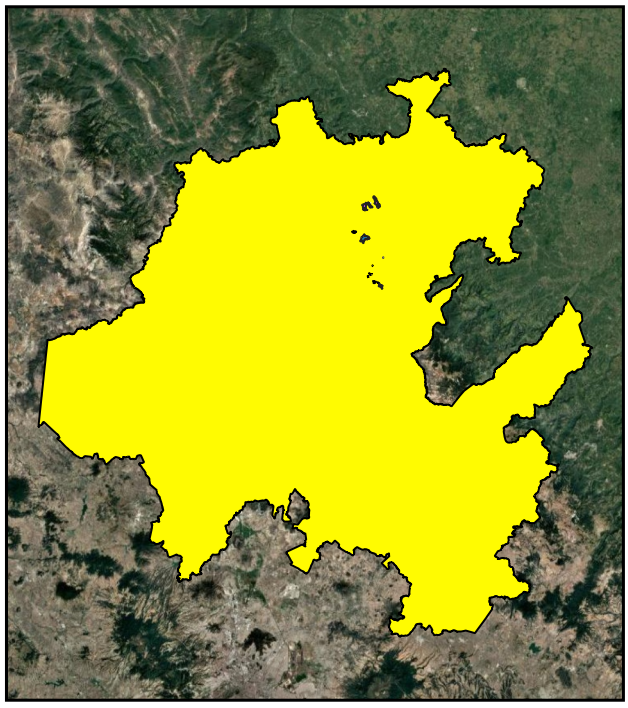
Distrito Minero Autlán

-10998000.000 -10992000.000 -10986000.000

2390000.000 2385000.000 2380000.000 2375000.000 2370000.000 2365000.000 2360000.000

## Localización





### Unidades Mineras

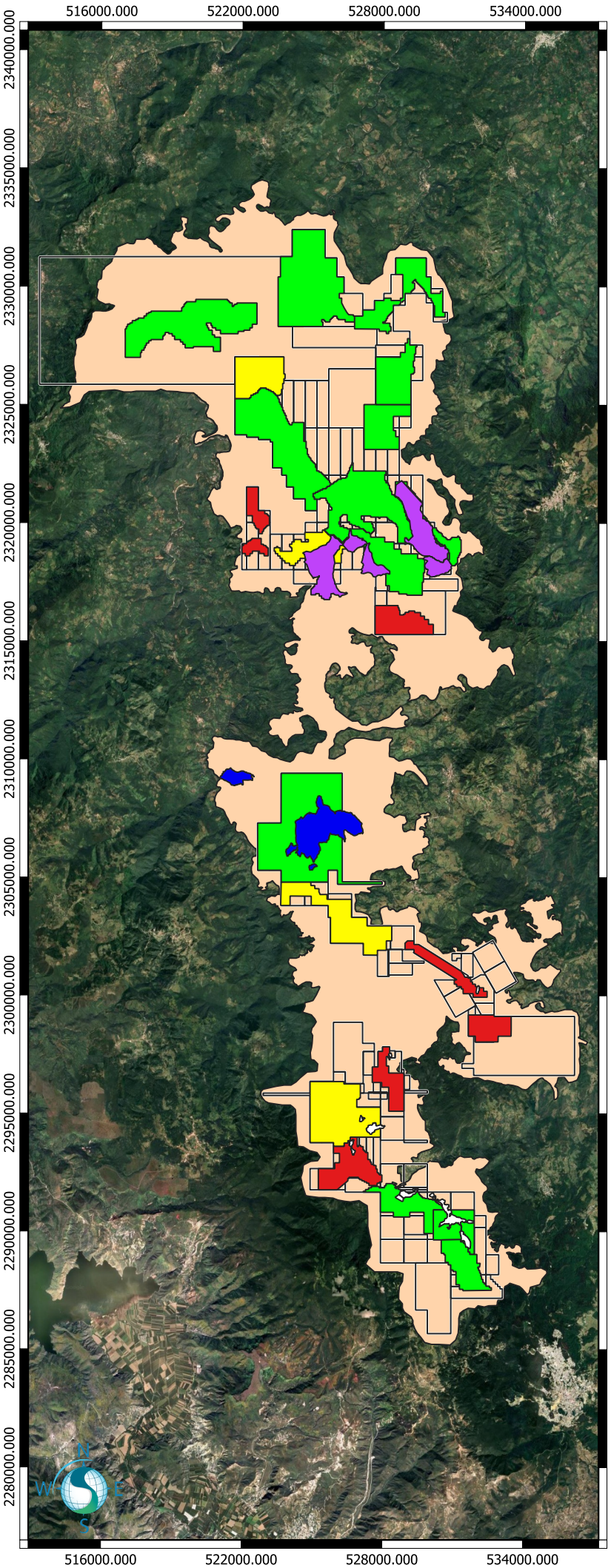
- Molango
- Naopa
- Nonoalco
- Hidalgo

AUTLAN®

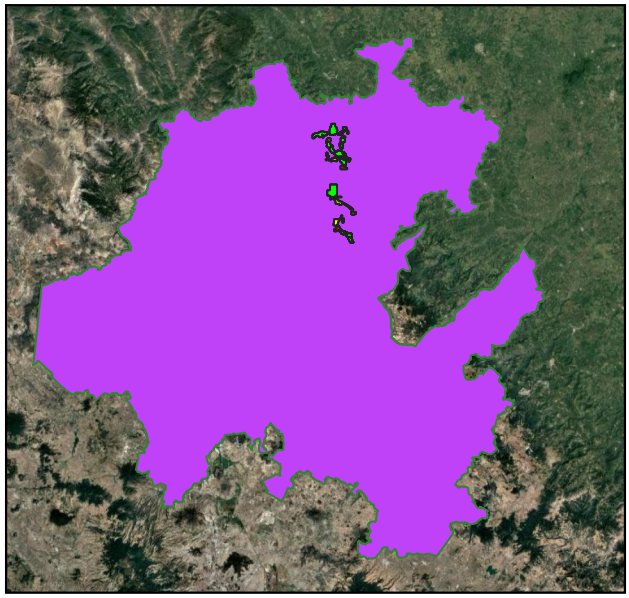
SANAT

Soluciones en Gestión Ambiental

# Concesiones mineras
Distrito Minero Autlán




## Localización



## Simbología

- Molango
- Naopa
- Nonoalco
- Prioridad 1
- Prioridad 2
- Prioridad 3
- SAR
- Conceciónes Mineras

5 0 5 10 km

AUTLAN®

SANAT
Soluciones en Gestión Ambiental

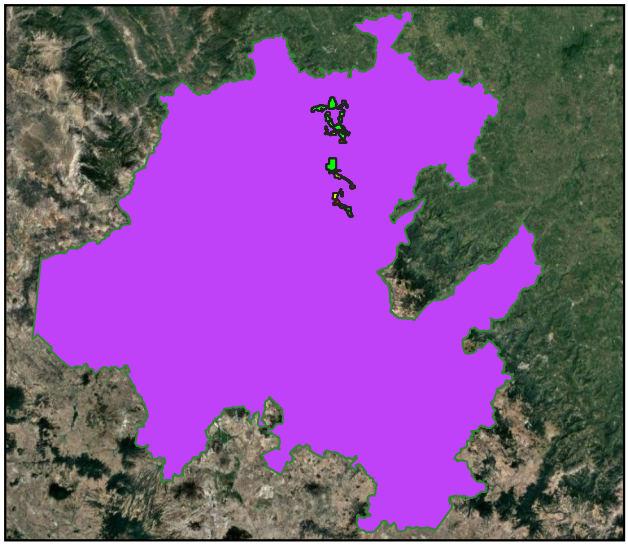
# Análisis de áreas
Distrito minera Autlán

522000.000 528000.000 534000.000

2330000.000 2325000.000 2320000.000 2315000.000 2310000.000 2305000.000 2300000.000 2295000.000 2290000.000

## Localización





Estatus de áreas
- Áreas nuevas
- Áreas previas a la LGEEPA
- Áreas autorizadas
- Áreas de interes de exploración

0 5 10 km

AUTLAN®

SANAT
Soluciones en Gestión Ambiental